



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA CIVIL - ESTRUCTURAS**

**OBSERVANCIA DEL REGLAMENTO DE**  
**CONSTRUCCIONES EN LAS EDIFICACIONES NUEVAS**  
**DEL DISTRITO FEDERAL**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

PRESENTA:

**FERNANDO MENDOZA CABRERA**

TUTOR:

**DR. EDUARDO REINOSO ANGULO**

MÉXICO, D. F. FEBRERO 2013

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. Meli Piralla Roberto  
Secretario: M.I. García Domínguez Octavio  
Vocal: Dr. Reinoso Angulo Eduardo  
1<sup>er</sup> Suplente: Dr. López Bátiz Oscar Alberto  
2<sup>do</sup> Suplente: M.I. Mendoza Escobedo Carlos Javier

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

TORRE DE INGENIERÍA, UNAM.

**TUTOR DE TESIS:**

---

DR. EDUARDO REINOSO ANGULO

## **DEDICATORIA**

*A mis padres quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Gracias padres.*

*Fernando Mendoza Cabrera*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado para la realización de esta maestría.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) la cual abre sus puertas a estudiantes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.*

*A la Torre de Ingeniería de la UNAM por hacer uso de sus instalaciones y proporcionarme las herramientas necesarias para la realización de este trabajo de tesis.*

*Al Dr. Eduardo Reinoso Angulo por sus conocimientos, apoyo y comprensión en el desarrollo y elaboración de este trabajo.*

*Al Dr. Marco Antonio Torres Pérez Negrón, que dedicó tiempo valioso en la revisión de este trabajo y que sus comentarios y opiniones fueron de gran ayuda.*

*A mis sinodales, Dr. Roberto Meli Piralla, M.I. Octavio García Domínguez, Dr. Oscar Alberto López Bátiz, M.I. Carlos Javier Mendoza Escobedo, por sus comentarios y observaciones valiosas a este trabajo.*

*A mis compañeros de la Torre de Ingeniería y todos aquellos que hicieron posible la confección y elaboración de este trabajo.*

*A mis compañeros de maestría: Fidel Antonio, Francisco Javier, Joel, Juan Carlos, Mauricio Alexander, con los cuales conviví durante el transcurso de mi maestría, porque gracias a sus apoyo, a su compañía, a sus buenos consejos y por estar con una palabra de aliento cuando los he necesitado.*

*A todos mis maestros que aportaron a mi formación. Para quienes me enseñaron más que el saber científico, a quienes me enseñaron a ser lo que no se aprende en salón de clase y a compartir el conocimiento con los demás.*

*A mis hermanos, Damián y Juan Ramón a quienes les debo muchas cosas, quienes han vivido de cerca los distintos procesos de mi vida tanto en los momentos felices y tristes que todo ser humano experimenta en el camino a seguir como un destino.*

*A los maestros: Lic. Aurelia Estrada Rodríguez y Lic. Marcos Cruz Santos, a quienes considero como segundos padres que me han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades*

*A mi amigo el Ing. Marcos Isaí Cruz Estrada por brindarme su amistad incondicional.*

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>II</b>
<b>CONTENIDO .....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VII</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1. Generalidades .....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Metodología de estudio.....	2
1.4. Objetivos .....	2
1.4.1. Objetivo general.....	2
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Organización de la tesis .....	3
<b>2. Sistema de Calidad del Diseño y Construcción Sismorresistente en la ciudad de México y otros países .....</b>	<b>4</b>
2.1. El Reglamento de construcciones sismorresistente en México.....	4
2.2. El ingeniero y la seguridad estructural y sísmica en México .....	5
2.3. Responsabilidades y Sanciones de los D.R.O. y C.S.E.....	7
2.4. Sistema básico en México.....	8
2.5. Caso E.U.A. (California).....	12
2.5.1. Introducción .....	12
2.5.2. Sistema básico en California, E.U.A.....	12
2.5.3. La Seguridad Sísmica de Escuelas y Hospitales en California, E.U.A.....	13
2.5.3.1. Reglamento de construcción.....	14
2.5.3.2. Organización y funcionamiento de la DSA/SSS .....	15
2.5.3.3. Comportamiento durante sismos pasados.....	18
2.5.4. Principios de Operación .....	18
2.5.5. Aspectos Generales.....	19
2.5.5.1. Aspectos no comunes con el CTC .....	19
2.5.5.2. Aspectos comunes con el CTC .....	19
2.5.5.3. Problemas y beneficios .....	19
2.6. Caso de Chile .....	20
2.6.1. Introducción .....	20

2.6.2. Sistema básico en Chile .....	20
2.6.3. Antecedentes .....	21
2.6.4. Revisor de proyecto de cálculo estructural .....	23
2.6.5. Reglamento del Registro Nacional de revisores de proyectos de Cálculo Estructural .....	23
2.6.5.1. Requisitos de inscripción de personas naturales .....	23
2.6.5.2. Inhabilidades e Incompatibilidades para la Inscripción en el Registro.....	24
2.6.5.3. Categorías para la Inscripción en el Registro Nacional .....	25
2.6.6. Documentos y aspectos mínimos a considerar relativos a la revisión del Proyecto de cálculo estructural.....	25
2.6.6.1. Documentación requerida para la revisión .....	25
2.6.6.2. Labores mínimas del revisor.....	26
2.6.7. Requisitos de la memoria de cálculo y plano de estructura .....	27
2.6.8. Responsabilidades y sanciones .....	27
2.7. Caso de Japón.....	28
2.7.1. Introducción .....	28
2.7.2. Historia de las regulaciones de construcción en Japón .....	29
2.7.3. Organismo Administrativo Designado.....	30
2.7.4. Oficial de Obras .....	30
2.7.5. Vigilante de Obras .....	31
2.7.6. Organización del sistema de administración de obras de Tokio .....	31
2.7.7. Procedimiento para la aprobación de edificios .....	31
<b>3. Observancia del reglamento de construcciones en las edificaciones nuevas del Distrito Federal .....</b>	<b>34</b>
3.1 Estudio de la observancia: Fase I.....	34
3.1.1. Descripción .....	34
3.1.2. Población y muestra.....	34
3.1.3. Acciones.....	34
3.1.4. Revisión de información cartográfica y catastral .....	35
3.1.5. Selección de estructuras para inspección de banqueta.....	35
3.1.6. Descripción de las inspecciones de banqueta .....	36
3.1.7. Revisión de memorias de cálculo y planos estructurales .....	37
3.1.7.1. Revisión de las memorias de cálculo.....	38
3.1.7.2. Revisión de planos estructurales.....	39
3.1.8. Cálculos aproximados para verificar planos y dimensiones de los edificios .....	41
3.2. Estudio de la observancia: Fase II.....	44
3.2.1. Descripción .....	44
3.2.2. Muestra .....	44
3.2.3. Acciones.....	44
3.2.4. Solicitud de información al Director Responsable de Obra.....	45
3.2.5. Revisión de la información proporcionada por los Directores Responsable de Obra.....	46
3.2.5.1. Revisión de las memorias de cálculo.....	46
3.2.5.2. Revisión de planos estructurales.....	48

3.2.6. Pruebas de laboratorio.....	49
3.2.6.1. Edificios para pruebas físicas .....	49
3.2.6.2. Extracción de corazones de concreto endurecido .....	50
3.2.6.3. Resistencia a la compresión del concreto .....	50
3.2.6.4. Propiedades del concreto estructural .....	52
3.2.6.5. Resultados de las pruebas de corazones extraídos de concreto .....	52
3.2.6.6. Concreto usado en proyecto vs laboratorio.....	54
3.2.6.7. Escaneo de acero de refuerzo en elementos de concreto armado .....	55
3.2.6.8. Resultados más representativos obtenidos del escaneo .....	56
3.2.7. Cálculos aproximados para verificar planos y dimensiones de los edificios .....	60
<b>4. Metodología para la evaluación de edificaciones existentes para vivienda en el Distrito Federal.....</b>	<b>62</b>
4.1. Necesidad de Evaluación .....	62
4.2. Métodos existentes .....	63
4.2.1. Método de la ATC-14 .....	63
4.2.2. Método FEMA 178 (FEMA 310) .....	64
4.2.3. Método FEMA 154 .....	64
4.3. Metodología propuesta para la evaluación.....	65
4.4. Clasificación de los componentes a evaluar.....	65
4.4.1. Componentes estructurales .....	65
4.4.2. Componentes no-estructurales .....	66
4.4.3. Componentes de suelo y cimentación (Geotécnicos).....	67
4.5. Criterios básicos para la evaluación .....	68
4.5.1. Procedimiento .....	68
4.5.2. Evaluación del estado actual de los componentes .....	69
4.5.3. Fases de evaluación.....	70
4.6. Fase Preliminar: Requisitos de evaluación .....	73
4.6.1. Recopilación de datos .....	73
4.6.2. Sitio de visita.....	73
4.6.3. Región de sismicidad .....	74
4.6.4. Elección del tipo de edificio.....	74
4.7. Fase de Observación: Chequeo Rápido (Nivel 1) .....	76
4.7.1. Selección de lista de control para evaluación .....	76
4.7.2. Listas de Control para Chequeo Rápido .....	76
4.7.3. Inspección interna y externa .....	77
4.7.4. Interpretación de los puntajes .....	77
4.8. Fase de evaluación (Nivel 2).....	77
4.9. Fase de evaluación detallada (nivel 3) .....	78
<b>5. Aplicación de la metodología para la evaluación de edificaciones existentes .....</b>	<b>79</b>
5.1. Aplicación: Edificio Juan de la Barrera .....	79

---

5.2. Inspección interna y externa del edificio.....	83
5.3. Resultados .....	88
5.3. Resumen de los puntos de evaluación que no cumplen con los criterios de las listas .....	88
<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>90</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>101</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>104</b>



## RESUMEN

En este trabajo se realiza un estudio sobre la Observancia del Reglamento de Construcciones del Distrito federal a una muestra de viviendas construidas a partir del 2004, en relación al cumplimiento de los requisitos obligatorios establecidos en la legislación y normativa vigente. Como instrumentos, se optó por los cuestionarios con preguntas sobre ciertos aspectos relativos al contenido de las memorias de cálculo y planos estructurales. Se realiza análisis con programas comerciales para el modelaje y análisis tridimensional de edificios.

Se propone una metodología para la evaluación sísmica de edificaciones existentes. La metodología incorpora, de forma similar, el procedimiento empleado del documento de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA-310). La metodología de evaluación se diseñó para edificaciones de uso vivienda construidas a base de muros de mampostería y marcos de concreto. La evaluación consiste en la aplicación de un conjunto de formularios con preguntas que permiten hacer una evaluación rápida a ciertas características estructurales, no estructurales y de suelo y cimentación según el tipo de edificio. Las listas de control toman en cuenta las recomendaciones vigentes del Reglamento de construcciones del Distrito federal y sus normas técnicas complementarias (2004).

Los resultados indican que uno de ocho edificios de vivienda no cumple el cuarenta por ciento de los requisitos mínimos. La evaluación permite obtener un margen porcentual de las deficiencias que tiene la estructura para hacer frente a sismos.

## ABSTRACT

A study is made on the Observance of the Mexico City Building Code to a sample of households built from year 2004 onwards, related to the compelling requisites established in the current legislation and regulations for constructions. Questionnaires with questions are used to determine the content of the calculations report and structural plans. Analyses are performed with commercial softwares for the modeling and tridimensional analysis of buildings.

A methodology for seismic evaluation of existing buildings is proposed. The methodology incorporates the procedure used by the Federal Emergency Management Agency (FEMA-310). The evaluation methodology was originally designed for housing buildings with masonry walls and concrete frame. The evaluation process consists of an application of a set of checklists that allow a rapid evaluation of the structural, nonstructural and foundation/geologic hazard elements of the buildings and site conditions. The checklists take into account the recommendations of The Mexico City Building Code and their complementary technical procedures (RCDF-2004).

The results indicated that one of the eight housing buildings do not meet the minimum requirements of forty percent which is established by legislation and regulations. The obtained evaluation allows percentage of margin deficiencies in the structure to confront earthquakes.

---

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Generalidades

México es un país con una zona sísmica importante que ha sufrido sismos de gran intensidad, en los años 1957, 1979 y 1985, los cuales han producido cuantiosos daños materiales y pérdidas de vidas humanas. Como consecuencia del sismo de 1957, con magnitud de 7.8 en la escala de Richter que derrumbó el Ángel de la Independencia, surge el primer código de construcción. En ese entonces, la Ciudad de México contaba con un reglamento para garantizar la seguridad estructural de las construcciones. Sin embargo, dicho código de construcción toleraba sismos de hasta 7.1 grados y los eventos sísmicos de menor intensidad en los años posteriores al de 7.8 grados de 1957 hicieron surgir la idea que no había que actualizar la normatividad. Y no fue sino en el año de 1962 cuando se tiene el nuevo reglamento y, con algunas modificaciones, rige hasta el año de 1985. Antes de 1985 muchos ingenieros confiaban que las construcciones iban a ser más seguras para soportar temblores más intensos que el de 1957, pero su seguridad y confianza cayeron junto con los edificios que colapsaron en el terremoto de 1985.

De los diversos sismos que ha soportado la ciudad de México, el más destructivo que se tenga memoria es el de 19 de septiembre de 1985. Miles de vidas fueron segadas, muchas estructuras resultaron dañadas al afrontar la intensidad de un sismo de 8.1 grados en la escala de Richter que rebasó por mucho los índices de seguridad que suponían adecuados las normas anteriores. Después fue necesario llevar a cabo acciones para la reconstrucción de la Ciudad de México. Una de ellas fue la expedición de unas Normas de Emergencia, publicadas el 18 de octubre de 1985 que actualmente sigue en vigor y una segunda modificación más importante al Reglamento de Construcción haciéndose más estricto. Posteriormente, el 6 de julio de 1987 se expidió el nuevo Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y el 5 de noviembre del mismo año se publicaron las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo.

De lo anterior, la experiencia adquirida con los daños causados por los sismos y las investigaciones desarrolladas han obligado a aumentar las exigencias de las normas de construcción sismorresistente con el objetivo de estandarizar las metodologías y procedimientos, de modo que todos los usuarios de los productos de las normas dispongan de una garantía para que puedan ser usados en forma confiable.

Así mismo, es importante comprender la filosofía básica del Reglamento de Construcciones. El propósito de este es prevenir daños a personas, no reducir el daño en los edificios. Por lo tanto, la finalidad de sus especificaciones está en la prevención del colapso estructural. En un gran terremoto, un edificio puede sufrir daños estructurales y no estructurales considerables, pero mientras el edificio no colapse, se habrá cumplido con el propósito del reglamento. Partiendo de esta filosofía, la infraestructura mexicana sí puede resistir un sismo sin rebasar los índices de seguridad tratados en la norma, siempre y cuando se aplique bien el reglamento para la construcción de edificaciones.

Sin embargo, el problema con el incremento de construcción de edificios de mediana y gran altura en la Ciudad de México, surge la inquietud sobre el cumplimiento de la legislación y normativas de

construcción vigentes. Investigadores reconocidos como Luis Esteba Maraboto, Roberto Meli Piralla (Revista IC núm. 479, marzo de 2009), Carlos Javier Mendoza Escobedo, entre otros, opinan que en la ciudad se ignora casi sistemáticamente la legislación sobre las normas de construcción sismorresistente que deben cumplir los edificios. Tales edificaciones podrían estar en un nivel de riesgo, ya que los movimientos telúricos son tan variables que no se puede predecir.

De lo anterior, es convincente realizar un estudio real que aborde el problema sobre la importancia de cumplir con los requisitos consignados en la normativa vigente, principalmente, los enunciados en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas. De lo contrario, se seguirá criticando y dudando de las mismas autoridades responsables de la aplicación y vigilancia de la normatividad vigente, de los futuros profesionistas de la ingeniería y la arquitectura, además, de nuestras instituciones educativas, de los colegios de profesionales, entre otros.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 2004 cuenta con normas técnicas de construcción actualizadas que permiten hacer diseños estructurales acordes con las exigencias que se plantean en los nuevos tiempos. En ese sentido, las edificaciones de la ciudad, de seguir la obligación de las normas, están en condiciones de resistir aceptablemente los efectos de un sismo. El riesgo recae en las construcciones que obvian esas normas. En efecto, si el reglamento es violado sistemáticamente, no basta con tener una buena norma para asegurar que los edificios se comporten sísmicamente de acuerdo con la filosofía de diseño enunciada.

Se plantea conocer el problema desde el punto de vista técnico de la aplicación de las normas con la finalidad de tener un avance en el conocimiento sobre la seguridad sísmica de las construcciones en la Ciudad de México. La idea es hacer un muestreo aleatorio a edificaciones existentes, construidas después del año 2004, y de ahí hacer la recopilación y estudio de documentos técnicos disponibles, verificación del estado del edificio, entre otras actividades. Todo esto con el propósito de conocer el grado de observancia del Reglamento de Construcciones y sus Normas Técnicas Complementarias.

## **1.3 Metodología de estudio**

Para desarrollar el estudio, se realiza en dos fases: Fase I y Fase II. En la primera se incluye el procedimiento para la selección de la muestra, recopilación y estudio de la documentación, una inspección preliminar de banqueta, verificación del estado del edificio. En la segunda parte, se realiza estudios con la información proporcionada por el Director Responsable de Obra, misma que se considera como actualizada y registrada del proyecto completo; además, se complementa con ensayos de laboratorio para estructuras de concreto. No se pretende buscar y mucho menos señalar quienes cumplen con el contenido de las normas; lo que se busca es conocer el porcentaje de las estructuras que podrían estar en riesgo y no concentrarse únicamente en las que aprecian fallas evidentes.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Conocer el grado en que las nuevas edificaciones cumplen con la reglamentación vigente mediante el análisis de una muestra de viviendas de la Ciudad de México construidas después del 2004.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar aleatoriamente el cumplimiento de la legislación y normativas de construcción vigentes en edificaciones de vivienda entregadas a sus propietarios en tres delegaciones: Benito Juárez, Venustiano Carranza y Cuauhtémoc
- Transmitir una preocupación que contribuya a sensibilizar a Ingenieros, Arquitectos, Inspectores, Técnicos, y las diferentes instituciones en el ramo de la Construcción sobre el cumplimiento de la reglamentación vigente, de las condiciones en las que se encuentran las edificaciones destinadas para vivienda.
- Desarrollar una lista de chequeo o verificación de requisitos para evaluar en una inspección visual las condiciones de la estructura o el conjunto de elementos y materiales.

### 1.5 Organización de la tesis

Se consideran los siguientes capítulos:

En el **Capítulo 1** se establecen las generalidades sobre la tesis.

En el **Capítulo 2** se discute la situación del sistema de calidad del diseño y construcción sismorresistente de edificaciones en la Ciudad de México. Se describe en detalle el sistema para obtener la seguridad estructural y sísmica de edificios importantes. La clave para lograr esta seguridad, es a través del cumplimiento de leyes y reglamentos, y la intervención de profesionales calificados. Sin embargo, aún si se tiene un cálculo estructural perfecto, puede haber errores y es aquí donde la comunicación, la responsabilidad, las relaciones físicas y la trasmisión de información juegan un papel primordial para lograr que se garantice la seguridad sísmica de las construcciones. Además, se presenta el sistema para el cumplimiento de la legislación y normativas en otros países como Estados Unidos de América (California, en particular), Chile y Japón. Esto permitirá hacer una discusión entre los diversos criterios y mecanismos de control en la seguridad estructural de las construcciones.

En el **Capítulo 3** se estudia la observancia del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en las edificaciones construidas después del 2004. Para ello se estudiaron ciertas características de comportamiento estructural con inspecciones de banqueta y de la información contenida en las memorias de cálculo y planos estructurales. Primero se realiza un estudio con información proporcionada por las delegaciones donde se ubican los edificios seleccionados. En una segunda parte, se estudia a partir de información que posee el Director Responsable de Obra y/o el Corresponsable en Seguridad Estructural. Se evalúan los estados límite de servicio y ultimo por medio de análisis estructural tridimensional a partir de la información de las propiedades geométricas recopilada en los documentos. También se integran estudios de pruebas de laboratorio para estructuras de concreto.

En el **Capítulo 4** se propone una metodología para la evaluación sísmica de edificaciones existentes. El método de evaluación toma como referencia el documento FEMA 310 (Agencia Federal para el manejo de Emergencias, FEMA por sus siglas en ingles). La idea es adecuarlo para su aplicación en México, tomando en cuenta todas las recomendaciones relativas al aspecto sísmico establecidas en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal. Se proponen formatos de evaluación para edificaciones de vivienda de concreto y mampostería. Además, se describe detalladamente el procedimiento de evaluación y el llenado de los formatos.

Finalmente en el **Capítulo 5** se presenta un ejemplo de aplicación real de la metodología propuesta.

## CAPÍTULO 2

### **SISTEMA DE CALIDAD DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO Y OTROS PAÍSES**

En este capítulo se da a conocer de forma breve la situación actual en la que se encuentra la ingeniería estructural implícita en la legislación mexicana y los mecanismos de seguridad estructural en la Ciudad de México (Reglamento de Construcciones y Normas Técnicas). Adicionalmente, se documenta el sistema de control para obtener la seguridad estructural y sísmica en otros países como Estados Unidos (específicamente en California), Chile y Japón.

#### **2.1 El Reglamento de construcciones sismorresistente en México**

En México se emplean diversos códigos, manuales y reglamentos, cada uno con aspectos y recomendaciones del diseño estructural. Por ejemplo, el Manual de Obra Civiles editado por la Comisión Federal de Electricidad, la edición del código ACI. Sin embargo, el reglamento que más se emplea para las construcciones urbanas en México es el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, en adelante RCDF.

La versión de 1987 del RCDF representa el acopio de las nuevas experiencias obtenidas en los sismos de 1985 y los conocimientos de un número considerable de los más respetables investigadores de la profesión en el país. A partir de este reglamento ha habido toda una serie de reglamentaciones posteriores, que han sido también como respuestas a los propios sismos, ya que se puede ver como a partir de estos testigos insobornables de la historia se tienen que hacer toda una serie de reformas que para dar un conocimiento mayor al que hacer como constructores en la Ciudad de México. Es evidente que exista una diferencia muy grande entre el contenido de reglamentos de construcciones previos al año 1985 y los posteriores.

El RCDF-2004 está constituido por provisiones generales incluidas en el cuerpo principal, y por Normas Técnicas Complementarias para materiales específicos como concreto, acero, mampostería y madera, y para algunas acciones específicas como vientos o sismos. Estas provisiones son adoptadas generalmente como base para otras partes del país, con las debidas consideraciones de las diferencias en el riesgo sísmico y condiciones de suelo.

Las Normas Técnicas Complementarias definen requisitos mínimos. El diseñador, de acuerdo con el propietario, puede escoger requisitos más conservadores para reducir las pérdidas económicas. El propósito de las Normas Técnicas Complementarias es obtener una seguridad adecuada para garantizar que, para el sismo de mayor intensidad probable, no habrá ninguna falla estructural mayor que origine el colapso de la estructura ni pérdida de vidas, aunque podría haber daños que impidan los servicios y demanden reparaciones significativas.

Sin embargo, se carece de un código nacional para regulaciones sísmicas. Como es de verse en el contenido del Reglamento, las Normas evaluadas están diseñadas específicamente para el Distrito Federal, con condiciones de sismicidad y de sitio muy específicas.

## 2.2 El ingeniero y la seguridad estructural y sísmica en México

Con el paso de los años, las responsabilidades y las obligaciones de los profesionales facultados para la supervisión de la seguridad estructural han ido presentando modificaciones, con el fin de garantizar que las construcciones sean más seguras y los procedimientos de verificación de obra y proyecto más fiables. En la tabla 2.1 se presenta una breve reseña sobre los cambios que ha tenido el Reglamento de Construcción para el Distrito Federal referente a los encargados en la seguridad estructural.

**Tabla 2.1** Reseña de los reglamentos de construcciones del Distrito Federal sobre los encargados en la seguridad estructural

<b>Encargados en la seguridad estructural</b>	
<b>Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México, 20 de enero de 1920</b>	
Denominación	Constructor Responsable.
Definición	Serán responsables ante la ciudad por accidentes o faltas de cumplimientos de reglamento ocurridos en las obras que dirijan sin que queden excluidos de otras responsabilidades civiles o penales.
Obligaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ninguna obra podría ejecutarse sin Constructor Responsable.</li> <li>▪ Responsable de la obra hasta que el propietario solicite la terminación de la obra.</li> <li>▪ Firmar los planos que se presentan a la Dirección de Obras Públicas (DOP).</li> </ul>
Cambio de constructor	Se presentaba una solicitud a la Dirección de Obras Públicas firmada por él y el nuevo constructor.
<b>Reglamento de las Construcciones y de los Servicios Públicos en el D.F, 23 de julio de 1942</b>	
Denominación	Perito Responsable.
Definición	Ingeniero o Arquitecto, Agente de la Dirección General de Obras Públicas (DGOP). Encargados de auxiliar a esta, en el desempeño de autorizar licencias, para obras de construcción pública o privada y le impone la obligación de vigilar las obras para las que haya solicitado licencia.
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ser mexicano.</li> <li>▪ Título de Ingeniero o Arquitecto.</li> <li>▪ Tener cuando menos 3 años de experiencia de práctica profesional.</li> <li>▪ Estar domiciliado en el DF.</li> <li>▪ Tener buena reputación.</li> </ul>
Clasificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1er. Grupo: Ingenieros Civiles o Arquitectos podían autorizar solicitudes de todo tipo de obra.</li> <li>▪ 2do. Grupo: Ingenieros que provenían de una escuela especial y sólo podían autorizar solicitudes para obras que pertenecían a su especialidad.</li> </ul>
Obligaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presentar una fianza por \$3,000.00 al solicitar su registro en la DGOP (Cuando la multa máxima era de \$500.00).</li> <li>▪ Actualizar su registro de Constructor a Perito Responsable.</li> <li>▪ Renovar su registro anualmente en el mes de diciembre.</li> <li>▪ Firmar el Libro Diario en sus visitas, que antes era 2 veces a la semana como mínimo.</li> <li>▪ Dar aviso a la DGOP de las etapas constructivas para su inspección.</li> <li>▪ Dar aviso de terminación de obra.</li> <li>▪ Todas las sanciones eran impuestas al Perito Responsable.</li> </ul>
<b>Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 9 de febrero de 1966</b>	
Definición	Ingeniero o Arquitecto Auxiliar en la DGOP responsable de la aplicación del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.
Requisitos	Se requiere ser miembro activo del Colegio respectivo.
Clasificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1er. Grupo: Ingenieros o Arquitectos.</li> <li>▪ 2do. Grupo: Ingenieros cuyo título indique una especialidad o Ingenieros Civiles y Arquitectos, sin 3 años de experiencia.</li> </ul>
Obligaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambia de dos a una visita por semana, donde debe firmar el Libro de Obra.</li> <li>▪ Se da un plazo para inscribirse en su Colegio respectivo.</li> <li>▪ Las multas por violación al reglamento, se imponen al propietario o al DRO según el caso.</li> <li>▪ Si el DRO se ausenta por más de 4 semanas, amerita suspensión de la obra y servicios.</li> <li>▪ El DRO se encarga de hacerse responsable de todas las etapas constructoras.</li> </ul>
<b>Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 14 de diciembre de 1976</b>	
Denominación	Director Responsable de Obra.
Definición	Persona física o moral cuya actividad esté total o parcialmente relacionada con el proyecto y construcción de obra, y quien se hace responsable de la observancia del Reglamento en las obras para las que otorgue su responsiva.

**Tabla 2.1** Reseña de los reglamentos de construcciones del Distrito Federal sobre los encargados en la seguridad estructural (Continuación).

<b>Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 14 de diciembre de 1976 (Continuación)</b>	
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poseer Cédula Profesional de cualquiera de las siguientes profesiones: Arquitecto, Ingeniero Civil, Ingeniero Arquitecto, Ingeniero Constructor Militar, Ingeniero Municipal. Podrán otorgar su responsiva para cualquier tipo de obra.</li> <li>▪ Los Ingenieros Mecánicos, Ingenieros Mecánico Electricistas, Ingenieros Petroleros, Ingeniero Aeronauta, Ingeniero Topógrafo, Ingeniero Químico, podrán otorgarla para cualquier obra relacionada con su especialidad y en obras civiles que tengan 9 m de altura como máximo y claros hasta de 6 m.</li> </ul>
Obligaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Podrá dirigir y vigilar la obra por si mismos o por medio de técnicos auxiliares.</li> <li>▪ Llevar un libro de bitácora foliado y encuadernado.</li> <li>▪ Vigilar la veracidad de las notas de Bitácora de Obra.</li> <li>▪ Se norma una responsabilidad administrativa de 5 años.</li> <li>▪ Otorgar responsiva para Licencias de Construcción.</li> <li>▪ Responsivas para dictámenes de estabilidad o Seguridad Estructural.</li> </ul>
<b>Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal del 3 de julio de 1987</b>	
Denominación	Director Responsable de Obra.
Definición	Es la persona física que se hace responsable de la observancia del Reglamento en las obras para las que otorgue su responsiva.
Requisitos	Acreditar ante la Comisión de Admisión de Directores Responsables de Obra que conoce la Normatividad vigente. Se aumenta la acreditación de 3 a 5 años de experiencia profesional.
Figuras adicionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Corresponsable en Seguridad Estructural.</li> <li>▪ Corresponsable en Diseño Urbano y Arquitectónico.</li> <li>▪ Corresponsable en Instalaciones.</li> </ul>
Obligaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dirigir y vigilar la obra asegurándose de que tanto el proyecto como la ejecución de la misma, cumplen con lo establecido en la normatividad vigente.</li> <li>▪ Planear y supervisar las medidas de seguridad personal y de terceras personas en la obra, sus colindancias en la vía pública, durante su ejecución.</li> <li>▪ Entregar al propietario de la obra al término de ésta los manuales de operación y mantenimiento.</li> </ul>
Otras responsivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dictámenes de estabilidad o seguridad de una edificación.</li> <li>▪ Constancia de Seguridad de Estructuras.</li> <li>▪ Vistos Buenos de Seguridad y Operación.</li> </ul>
<b>Últimas modificaciones al Reglamento de Construcciones para el DF</b>	
Las modificaciones no han sido sustanciales, únicamente de nomenclatura y reordenamiento del mismo.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reglamento 2 de agosto de 1993.</li> <li>▪ Reglamento 4 de junio de 1997.</li> <li>▪ Reglamento 29 de enero de 2004.</li> </ul>	

De la tabla 2.1 se observa que desde el primer Reglamento para la Ciudad de México (1920) y en los subsiguientes, los esfuerzos de revisión y adecuación han ido modificándose para ir garantizando construcciones más seguras, renovando procedimientos de seguridad y técnicos para ser más eficientes. Con la aprobación del Reglamento de Construcción del Distrito Federal en 1987, se crea una personalidad legal de gran importancia en el proyecto y construcción de edificaciones: el Director Responsable de Obra, DRO, en adelante, y la figura de la corresponsalía.

Actualmente, la seguridad estructural y sísmica en México está asegurada por el Director Responsable de Obra y, además, de los corresponsables. “*El Director Responsable de Obra (DRO) es la persona física auxiliar de la Administración, con autorización y registro de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, que se hace responsable de la observancia de la Ley, de este Reglamento y demás disposiciones aplicables, en el acto en que otorga su responsiva relativa al ámbito de su intervención profesional. (Art. 32, RCDF-2004)*”.

Indiscutiblemente México siempre busca realizar mejor sus obras en todos sentidos y es el Director Responsable de Obra quien se encuentra en un lugar importante para participar tanto en el proyecto

como en su ejecución. Cuando figura la firma del DRO en los documentos de construcción, indica que las memorias y planos estructurales y otros han sido aprobados satisfactoriamente por él. No existe a parte del DRO alguna oficina reguladora que pertenezca al Gobierno con la finalidad de revisar, verificar e inspeccionar las construcciones.

En su trabajo como DRO tiene las siguientes obligaciones (Art. 35, RCDF-2004):

- I. Revisar que los planos, cálculos y especificaciones cumplan estrictamente con el reglamento vigente;
- II. Dirigir y supervisar que los edificios sean construidos con apego a los documentos aprobados, asegurándose que cumplan todas las disposiciones legales;
- III. Planear y supervisar las medidas de seguridad, el respeto a la vía pública y a terceras personas;
- IV. Responder ante cualquier violación a los reglamentos y leyes;
- V. Llevar un registro constante del desarrollo de los trabajos;
- VI. Entregar al propietario o poseedor, una vez concluida la obra, los planos actualizados y registrados del proyecto completo en original, el libro de bitácora, memorias de cálculo y conservar un juego de copias de estos documentos; entre otras obligaciones.

De manera similar, para el ejercicio de su función los Corresponsables en Seguridad Estructural, CSE, en adelante, tienen las siguientes obligaciones (Art. 39, RCDF-2004):

- I. Suscribir conjuntamente con el DRO la manifestación de construcción o la solicitud de licencia de construcción especial cuando se trate de obras clasificadas como grupos A y B1, previstas en el artículo 139 del RCDF;
- II. Verificar que en el proyecto de la cimentación y de la superestructura, se hayan realizado los estudios del suelo y de las construcciones colindantes, con objeto de constatar que el proyecto cumple con las características de seguridad necesarias establecidas en el Título Sexto del RCDF;
- III. Vigilar que la construcción, durante el proceso de obra, se apege estrictamente al proyecto estructural, y que tanto los procedimientos como los materiales empleados, correspondan a lo especificado y a las normas de calidad del proyecto. Tendrá especial cuidado en que la construcción de las instalaciones no afecte los elementos estructurales en forma diferente a lo dispuesto en el proyecto;
- IV. Notificar al DRO cualquier irregularidad durante el proceso de la obra que pueda afectar la seguridad estructural de la misma, asentándose en el libro de bitácora. En caso de no ser atendida esta notificación, deberá comunicarlo a la Delegación correspondiente y a la Comisión;
- V. Responder de cualquier violación a las disposiciones del Reglamento relativas a su especialidad.

### **2.3 Responsabilidades y Sanciones de los DRO y CSE**

Las funciones del DRO y corresponsables, en las obras y casos para los que hayan otorgado su responsiva, se terminarán cuando (Art. 40, RCDF-2004):

- I. Cuando ocurra cambio, suspensión o retiro del DRO y/o CSE en la obra correspondiente. En este caso se deberá levantar un acta administrativa ante la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda asentando en detalle los motivos de la suspensión o retiro de la responsiva por parte del DRO y/o CSE, así como el avance de la obra hasta el momento. La Delegación deberá ordenar la suspensión de la obra cuando el DRO y/o CSE no sean sustituidos de forma inmediata y no permitirá la reanudación hasta que no se designen nuevos;
- II. Cuando no hayan refrendado su registro correspondiente;
- III. Cuando la Delegación expida la autorización de uso y ocupación de la obra.



Para efectos del Reglamento, la responsabilidad administrativa del DRO y del CSE termina a los 10 años contados a partir de (Art. 41, RCDF-2004):

- I. La fecha en que se expida la autorización de uso y ocupación, ó
- II. La fecha en que formalmente haya terminado su responsiva.

El actual Reglamento establece que la Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda podrá aplicar sanciones de carácter administrativo en los casos en que los DRO y/o CSE no cumplan con sus obligaciones, según se establece en el reglamento.

Los DRO y CSE que hayan sido sancionados serán boletinados a las delegaciones para que éstas procedan conforme al reglamento vigente. Adicionalmente, se informará al colegio de profesionales al que pertenezca el infractor.

## 2.4 Sistema básico en México

El sistema básico para obtener seguridad estructural en las edificaciones se puede resumir de la siguiente manera (figura 2.1):

1. El propietario/cliente contrata a un proyectista o un profesional calificado (Ingeniero o Arquitecto), o en dado caso, a una empresa coordinadora. Después de una discusión entre el propietario/cliente y el proyectista, este último transforma los requerimientos del primero a un lenguaje arquitectónico a través del proyecto ejecutivo y sus correspondientes especificaciones, incluyendo una descripción de su diseño y los diferentes requerimientos para el contratista. Las actividades que realiza el proyectista/profesional son las siguientes:
  - **Diseño y elaboración de planos**
    - Proyecto arquitectónico de la obra
    - Estructurales
    - Proceso constructivo
    - Planta conjunto
    - Plantas, cortes e isométricos de: instalaciones hidrosanitarias, eléctricas, gas, instalaciones especiales y otras
  - **Documentos de construcción**
    - Memorias de cálculo estructural
    - Memorias descriptivas
    - Estudios de mecánica de suelos/cimentaciones
  - **Administrativos, permisos y pagos de derechos:**
    - Lotificación
    - Zonificación
    - Permisos de uso de Suelo
    - Permisos para abastecimiento de agua potable y drenaje

Para el diseño y elaboración de planos es necesario contar con profesionales calificados de su especialidad:

- Ingenieros Estructurales
- Ingenieros Mecánicos
- Ingenieros Electricistas

2. El Director Responsable de Obra verifica que el proyecto ejecutivo cumpla con las leyes, reglamentos y especificaciones vigentes. Dependiendo de la magnitud y tipo de construcción, también participan los Corresponsables para:
  - Seguridad Estructural
  - Diseño Urbano y Arquitectónico
  - Instalaciones

Cada uno de los corresponsables tiene que cumplir obligaciones relativas al ámbito de su intervención profesional. En la figura 2.2 se indican las Normas Técnicas que el DRO y los corresponsables deben verificar que el proyecto cumpla con el contenido del Reglamento dependiendo del tipo de construcción que se vaya a ejecutar.

3. El Director Responsable de Obra, conjuntamente con el Corresponsable, suscribe y presenta ante la autoridad una manifestación de construcción o una solicitud de licencia de construcción.
4. Registrada la manifestación de construcción, la delegación revisará los datos y documentos ingresados y verificará el desarrollo de los trabajos, en los términos establecidos en el Reglamento de Verificación Administrativa para el Distrito Federal.
5. Una vez registrada la manifestación de construcción correspondiente, pueden iniciarse los trabajos de construcción. En algunos casos se hace un Concurso de Obra y puede realizarse de la forma siguiente:
  - El propietario puede invitar a concurso de obra a ciertas empresas reconocidas y calificadas según el tipo de construcción, lo que le permite ver diversas propuestas Económicas.
  - El mismo profesional o empresa coordinadora, contratado al principio, puede realizar el procedimiento de Licitaciones o Concursos de Obra.
6. Se inicia la construcción del edificio por la empresa ganadora del Concurso de Obra. El contratista general se encarga del proyecto entero: además de la administración general del proyecto, realiza con sus propios recursos una parte del mismo y se apoyan en los subcontratistas para el resto de las tareas. Los subcontratistas se especializan en algún tipo de material o trabajo (concreto, mampostería, soldadura, etc.).

En la actividad número uno se discutió que el Proyectista plantea los requerimientos para el contratista: control de calidad, costos, duración de la obra, la seguridad, etc. Por lo tanto, el contratista tiene la responsabilidad de cumplir todo el proceso constructivo con todos los conceptos que llevaron al Proyectista a proponer el proyecto de construcción.

7. Finalmente, el responsable en la supervisión de la ejecución de la obra nueva es el Director Responsable de Obra.



Figura 2.1 Sistema básico para obtener seguridad estructural en las edificaciones en la Ciudad de México

- RCDF Y NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS 2004
- Proyecto arquitectónico
  - Diseño y construcción de estructuras de concreto
  - Diseño y construcción de estructuras metálicas
  - Diseño y construcción de estructuras de madera
  - Diseño y construcción de estructuras de mampostería
  - Diseño y construcción de cimentaciones
  - Diseño por viento
  - Diseño por sismo
  - Criterios y acciones para el diseño estructural de las edificaciones
  - Previsiones contra incendios
  - Diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas

Figura 2.2 Normas Técnicas Complementarias, 2004

En el sistema básico interviene una persona con suficiente conocimiento de los distintos campos para asegurar que se han tomado en cuenta todos los aspectos de seguridad estructural y, además, revisar que los requisitos reglamentarios se han interpretado correctamente; una persona con una madurez, con una visión amplia, con gran criterio, con dominio del detalle para hacerse responsable cabalmente de su trabajo. Los ingenieros estructurales somos profesionales responsables; esto significa que tenemos la obligación de asumir las consecuencias de sus propios actos (S. Gómez, 2007). Sin embargo, lo anterior es criticable; en muchas ocasiones se originan proyectos incompletos, *p.e.* un proyecto arquitectónico incompleto, o no totalmente definido al momento de realizar el proyecto estructural final. De igual modo, los proyectos de instalaciones electromecánicas, hidráulicas, sanitarias y de aire acondicionado, quedan definidos mucho después de que los proyectos arquitectónicos y estructurales se han terminado.

De acuerdo con el RCDF, el responsable de la observancia de los requisitos que fija el Reglamento es el DRO, y además, se auxilia de los corresponsables. Para el propietario y el proyectista lamentablemente no se les asigna responsabilidad alguna y por consiguiente quedan libres de las sanciones. En el caso del constructor, debe cumplir con una serie de responsabilidades mínimas que desde un principio participa desde la elaboración del proyecto, el cual tiene la obligación de revisar con la asesoría de sus corresponsables en las distintas especialidades. Es importante que en la ejecución de una construcción el contratista no debe ser: desordenado, conflictivo (piensa que solo él tiene la razón), tramposo. En fin, un contratista que no sea muy profesional en su labor en las obras que se le han encomendado, será alguien a quien el fracaso rondará permanentemente. Sin embargo, cuando el contratista no ejecuta bien un trabajo, el DRO puede ser sancionado por la autoridad por las responsabilidades que otros no cumplieron.

A continuación se lista algunas irresponsabilidades por parte de profesionales involucrados en el diseño, construcción y supervisión de edificaciones que lamentablemente el DRO debe responder ante la autoridad cuando se presenten las faltas (S. Gómez, 2007):

- a) *Por no comprobar.* Ejemplo: errores en cálculos producidos por la deficiencia en la interpretación de resultados de computadora o la incorrecta introducción de datos.
- b) *Por desentenderse.* Ejemplo: falta de revisión adecuada de los planos estructurales o delegar cálculos a ingenieros aún no capacitados para ellos.
- c) *Por no exigir.* Ejemplo: no comprobar mediante radiografía de algún proceso similar, las soldaduras de una estructura metálica, armado de refuerzo de acero estructural.
- d) *Por actuar ignorando la trascendencia.* Ejemplo: dar información sobre alguna noticia que será escuchada por personas no técnicas causando alarma innecesaria.
- e) *Por salirse de su lugar.* Es el caso de encargar cálculos complejos a calculistas de poca experiencia.
- f) *Por estorbar.* Cuando el encargado de pagos no autoriza rápido y detiene así el avance de la obra.

Hay que recalcar que pueden suceder errores o irresponsabilidad aunque no haya habido negligencia. El hombre es un ser falible.

En todos los casos, el diseño de edificios teniendo en cuenta el riesgo es una responsabilidad compartida por técnicos y profesionales (ingenieros, arquitectos y demás). Muy particularmente, es necesario enfatizar lo que se comparte en cuanto a las relaciones físicas entre las formas arquitectónicas y los sistemas estructurales resistentes, y sería ideal que la comprensión de estas relaciones estuviera presente en cada diseñador que trabaja en zonas de riesgo.

## 2.5 Caso EUA (California)

### 2.5.1 Introducción

La seguridad estructural y sísmica de edificios en California (EUA) es asegurada, en general, por un sistema compuesto por leyes y reglamentos, profesionales calificados y oficinas gubernamentales reguladoras (figura 2.3). Dicho sistema es descrito en términos generales en la sección 2.5.2.

En las siguientes secciones se describe en detalle el sistema para la seguridad estructural y sísmica de escuelas públicas, hospitales y edificios de servicios esenciales en California, EUA. Este sistema se puede considerar como el más estricto y sofisticado en uso en los EUA actualmente para edificaciones estándar. En este sentido es un caso extremo.



**Figura 2.3** Componentes del sistema de seguridad estructural

### 2.5.2 Sistema básico en California, EUA

El sistema básico para obtener seguridad estructural de las edificaciones se puede resumir de la siguiente manera:

- a) El propietario contrata a un Arquitecto con licencia para ejercer y que permita elaborar documentos de construcción (planos, especificaciones y documentos de concurso). Usualmente el Arquitecto subcontrata a Ingenieros Estructurales, Mecánicos y Electricistas los diseños de su especialidad. Dichos Ingenieros cuentan con licencias estatales para ejercer su profesión. Las licencias se otorgan después de cumplir con requisitos de educación y experiencia y pasar uno o varios exámenes.
- b) El diseño debe de cumplir con las leyes, reglamentos y especificaciones aplicables. La figura 2.4 describe la aplicabilidad del marco legal.
- c) La construcción del edificio se hace por uno o varios contratistas que a su vez usan subcontratistas. El o los contratistas primarios tiene experiencia en el tipo de edificio por construir y los subcontratistas se especializan y son certificados en algún tipo de material o trabajo (concreto, mampostería, soldadura, etc.). La construcción tiene que ser supervisada por inspectores y laboratorios de prueba calificados y certificados (véase la figura 2.5).
- d) Una oficina de gobierno con jurisdicción verifica que los documentos de construcción cumplen con las leyes y los reglamentos y que la construcción se haga con apego a documentos aprobados (figura 2.6).

- **A NIVEL DE LEYES:**  
 Locales (ciudad/condado)  
 Estatales  
 Federales
- **LEYES LOCALES:**  
 Edificaciones habitacionales  
 Edificaciones comerciales  
 (Escuelas Privadas)
- **LEYES ESTATALES:**  
 Escuelas públicas, hospitales  
 Edificios de servicios esenciales
- **LEYES FEDERALES:**  
 Plantas nucleares e instalaciones de alto riesgo

**Figura 2.4** Aplicabilidad del marco legal

- EXPERIENCIA, HABILIDAD Y LICENCIA O CERTIFICACIÓN:**
- **Contratista**
  - **Subcontratistas**
    - Excavación
    - Concreto
    - Acero
    - Mampostería
  - **Inspectores**
    - Generales
    - Especialidades: mampostería, soldadura
  - **Laboratorios**
    - Geotecnia
    - Concreto
    - Acero
  - **Manejadores de la construcción**

**Figura 2.5** Profesionales de la construcción

- **GOBIERNOS LOCALES (CIUDADES/CONDADOS)**  
**Departamento de Edificaciones (Building Department)**
  - Verifica diseño con un grado de detalle variable
  - Observa construcción someramente
- **GOBIERNO ESTATAL**  
**División del Arquitecto del Estado/ Sección de Seguridad Estructural**
  - Verifica diseño en gran detalle
  - Supervisa apegado a los inspectores del proyecto
  - Elabora reglamentación propia
- **GOBIERNO FEDERAL**

**Figura 2.6** Oficinas de gobierno reguladoras

### 2.5.3 La Seguridad Sísmica de Escuelas y Hospitales en California, EUA

La seguridad estructural y sísmica de escuelas públicas, hospitales y edificios de servicios esenciales en California, EUA es supervisada por la Sección de Seguridad Estructural de la División del Arquitecto del Estado (DSA/SSS son sus siglas en ingles) y por la Oficina de Planeación y Desarrollo de la Salud (OSHPD). DSA/SSS y OSHPD pertenecen al Gobierno Estatal. Las estaciones de bomberos y de policía, las prisiones y los centros de operaciones de emergencia son definidos como servicios esenciales (figura. 2.7).

El trabajo de la DSA/SSS y OSHPD es revisar que los planos, cálculos y especificaciones cumplan estrictamente con el reglamento vigente y supervisar que los edificios sean construidos con apego a los documentos aprobados. Esta es una tarea enorme ya que se construyen anualmente edificios bajo la jurisdicción de la DSA/SSS y OSHPD con valor de 2,500 millones de dólares aproximadamente. También es una labor que requiere considerable tacto, métodos bien desarrollados, competencia profesional y dedicación.

En lo que sigue se hará referencia solamente a DSA/SSS ya que OSHPD obtuvo la responsabilidad de los hospitales a partir de 1992 y ha sido la DSA/SSS la que desarrolló los procedimientos descritos en lo que sigue.

- SISTEMA PARA LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL  
(SÍSMICA) EN CALIFORNIA DE:**
- **HOSPITALES**
  - **ESCUELAS**
  - **SERVICIOS ESENCIALES:**
    - Estaciones de bomberos
    - Estaciones de policía
    - Centros de operaciones de emergencia
    - Prisiones

**Figura 2.7** Edificios supervisados por la Sección de Seguridad Estructural de la DSA/SSS

### 2.5.3.1 Reglamento de construcción

El diseño y construcción de escuelas públicas, hospitales y edificios de servicios esenciales en California son reglamentados por las partes 1ª, 2ª, y 7ª del Título 24 "State Building Code" del Código de Reglamentos de California (figura. 2.8).

- TÍTULO 24. STATE BUILDING CODE**
- 1ª PARTE: REQUISITOS ADMINISTRATIVOS**
- Procedimientos para solicitudes
  - Requiere nombrar arquitecto y/o ingeniero estructurista responsable
  - Tipos de aprobaciones
  - Documentos requeridos
  - Aprobación de inspectores y laboratorios
  - Facultades y límites de los ingenieros de la DSA/SSS
  - Informes verificados de construcción
  - Certificación de edificios
- 2ª PARTE REGLAMENTO TÉCNICO**
- UBC modificado (más severo)
  - Algunos tipos de estructura no son permitidos
  - Pruebas e inspecciones más estrictas y extensivas
  - Toda irregularidad excesiva implica análisis dinámico
- 7ª PARTE: ELEVADORES**
- Requisitos para guías y cuartos de máquinas más estrictos

**Figura 2.8** Reglamento de construcción para escuelas, hospitales y servicios esenciales en California

En la 1ª Parte del Título 24 se establece el Reglamento Administrativo que define:

- La manera de solicitar revisiones
- El requisito de nombrar a los Arquitectos e Ingenieros Estructuristas responsables
- Los tipos de aprobaciones que se efectúan (completas, temporales, para adiciones y alteraciones, menores, rehabilitaciones, etc.)
- Los documentos que se requieren tales como planos, cálculos, especificaciones, estudio de cimentación, estudio geosísmico, etc.
- Aprobación de inspectores de construcción y laboratorios de pruebas.
- Responsabilidades y facultades de los Ingenieros Estructuristas de campo de la DSA/SSS
- Los reportes de construcción verificados que deben presentar los profesionistas responsables, los inspectores y los laboratorios de pruebas
- La certificación de edificios una vez que se cumple con todos los requisitos

La 2ª Parte del Título 24 es el Reglamento Técnico de Construcción. Es una modificación del Uniform Building Code (UBC) que incluye los requisitos en cuanto a cargas de diseño, materiales de

construcción (mampostería, madera, concreto, acero y aluminio) y elementos especiales en edificios (cimentaciones, recubrimientos, techos, fachadas, plafones entre otros). El diseño de elevadores se reglamenta en la 7ª Parte del Título 24.

La 2ª Parte del Título 24 se diferencia del UBC en que algunos de sus requisitos son más severos, también que algunos tipos de estructura no son permitidos y en que se requieren pruebas e inspecciones más estrictas y extensivas. Por ejemplo, cualquier tipo de irregularidad estructural que exceda los criterios implica que se tengan que efectuar análisis dinámicos, mientras que en el UBC solo tres tipos de irregularidad estructural conducen a la necesidad de efectuarlos.

### 2.5.3.2 Organización y funcionamiento de la DSA/SSS

El organigrama de la DSA/SSS se muestra en la figura 2.9. En él se puede observar que el Jefe de la Sección de Seguridad Estructural (Chief, Structural Safety) le reporta al Arquitecto del Estado. El Arquitecto del Estado es un título que otorga el Gobernador de California a un Arquitecto con licencia y trayectoria destacada. Para seleccionarlo se hacen consideraciones de tipo político.

El Jefe de la Sección de Seguridad Estructural es un servidor público de carrera con licencia de Ingeniero Estructuralista. Él dirige a nivel estatal las funciones de la DSA/SSS. Sus responsabilidades y autoridad están definidas en la 1ª Parte del Título 24.

En la actualidad la DSA/SSS divide a California en cuatro áreas según se indica en el organigrama de la figura. 2.9. Las áreas son supervisadas desde oficinas en:

- Área I: San Francisco
- Área II: Sacramento
- Área III: Los Ángeles
- Área IV: San Diego

Cada oficina es responsable de aproximadamente una cuarta parte del territorio y de la carga total del trabajo.

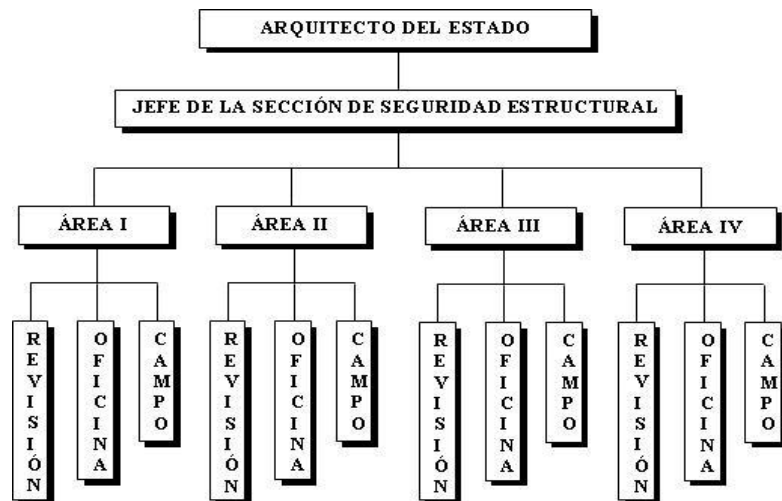


Figura 2.9 Organigrama de la DSA/SSS

Cada oficina de área es dirigida por un Ingeniero Estructuralista Principal y se compone de tres unidades de:

- Revisión de planos
- Ingeniería de campo
- Servicios de oficina

#### Unidad de Revisión de Planos Ingeniería

Esta unidad revisa y aprueba los planos y especificaciones de nueva construcción, adiciones, alteraciones y rehabilitaciones de edificios (figura 2.10). Los cálculos son revisados muy cuidadosamente.



La seguridad de las personas es el objetivo principal de la DSA/SSS; sin embargo, también se toma en cuenta la protección del valor y la durabilidad de los edificios. La estética, selección de materiales y funcionamiento del edificio no están sujetos a la revisión de la DSA/SSS. Las actividades de la unidad son:

- a) Revisión Preliminar. Al recibirse los planos, cálculos y especificaciones, un Ingeniero Supervisor revisa que estén completos y suficientemente desarrollados. Si se considera que están incompletos o son de tipo preliminar se rechazan.
- b) Chequeo. Esta actividad representa la mayor parte del trabajo. Los planos, cálculos y demás documentos de un proyecto son asignados a un Ingeniero Revisor (Plan Checker) para que verifique en un alto grado de detalle que cumplen con las Partes 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>.y 7<sup>a</sup> del Título 24 y con los principios, métodos y prácticas aceptables en la tradición profesional. Todo aquello que represente un peligro para la seguridad de las personas tiene, por reglamento, que ser detallado en planos y sus cálculos revisados. Esto implica que se revisen los puntos siguientes:
  - Los planos arquitectónicos, estructurales, mecánicos y eléctricos para verificar la estabilidad de todos los elementos del edificio.
  - Los cálculos por cargas verticales y laterales.
  - Los cálculos de todos los elementos estructurales tales como vigas, losas, columnas, diafragmas y muros de cortante.
  - Los cálculos y detalles de todas las conexiones estructurales. Especial cuidado se pone en lo denominado "la trayectoria de cortantes" desde las fuerzas de inercia hasta la cimentación pasando por diafragmas, conexión de diafragmas a muros de cortante y/o marcos y transmisión de fuerzas a la cimentación.
  - Las separaciones entre edificios.
  - Los cálculos, detalles y funcionamiento de fachadas y ventanales para verificar que pueden resistir las fuerzas y acomodar las deflexiones laterales producidas por sismos reales.
  - Las conexiones y estabilidad de muros interiores.
  - Los plafones y elementos de alumbrado.
  - Las cúpulas translúcidas.
  - Las guías y cuartos de máquinas de elevadores.
  - El anclaje a elementos estructurales de muebles empotrados, de equipo mecánico y eléctrico y de recubrimientos pesados (cantera, mármol, etc.).
  - Coordinación entre planos arquitectónicos y estructurales con las especificaciones. Las inspecciones y pruebas de laboratorio requeridas.
  - Que no haya conflictos de interés en las especificaciones.

Para efectuar el chequeo se sigue el método tradicional de marcar en amarillo lo satisfactorio y de marcar en rojo las correcciones que se deben efectuar.

- c) Supervisión del Chequeo. Antes de regresar la copia de los planos y especificaciones corregida a los profesionistas responsables, un supervisor revisa que el chequeo se haya hecho de acuerdo a los estándares de la oficina. Pone especial cuidado en los requisitos administrativos y en la "trayectoria de cortantes". Se evalúa la calidad del chequeo, el entendimiento de la estructura y los detalles por parte del Ingeniero revisor.
- d) Verification Final (Back Check). Una vez que el equipo de diseño ha incorporado las correcciones a los documentos de construcción, el Arquitecto y/o Ingeniero Estructuralista responsables se reúnen con el Ingeniero revisor para verificar dicha incorporación. Finalmente, los planos y las especificaciones son sellados y la Oficina Central en Sacramento emite la Carta de Aprobación.

Para facilitar el trabajo de la Unidad de Revisión de Planos se hace uso de los documentos y ayudas de trabajo siguientes:

- Manual de Interpretaciones (“*Interpretive Manual*”). Es un manual con una serie de procedimientos, criterios y métodos que la DSA/SSS considera satisfacen el reglamento.
- Lista de verificación para el revisor (“*Review Reminder List*”). Es una lista de todo lo más importante que se debe checar y los párrafos del código correspondientes. Sirve como guía detallada para los Ingenieros revisores.
- Lista de revisión de lineamientos (“*Check Guidelines*”). Define el alcance y criterios para una revisión apropiada. Se dan ejemplos de correcciones bien y mal escritas y las prioridades del trabajo de revisión.
- Correcciones Estándar. Son una serie de comentarios y detalles estándar que se pueden usar al efectuar el chequeo.

**1. REVISIÓN PRELIMINAR**  
¿Están los documentos sometidos suficientemente completos y desarrollados?

**2. REVISIÓN (PLAN CHECKING)**

- Revisión en gran detalle
- Todo lo que represente un peligro para las personas se tiene que detallar en los planos:
  - Estructura / cimentación
  - Conexiones
  - Trayectoria de cortantes
  - Separaciones
  - Fachadas
  - Ventanales
  - Muros interiores
  - Plafones
  - Tragaluces
  - Elevadores
  - Anclaje de muebles y equipo
  - Recubrimientos pesados
  - Coordinación entre planos arquitectónicos y estructurales con las especificaciones
  - Inspecciones y pruebas de materiales

**3. SUPERVISIÓN DE LA REVISIÓN**

**4. VERIFICACIÓN FINAL (BACK CHECK)**

**5. AYUDAS**

- Manual de Interpretaciones
- Listas de especificaciones importantes
- Guías de revisión
- Correcciones estándar

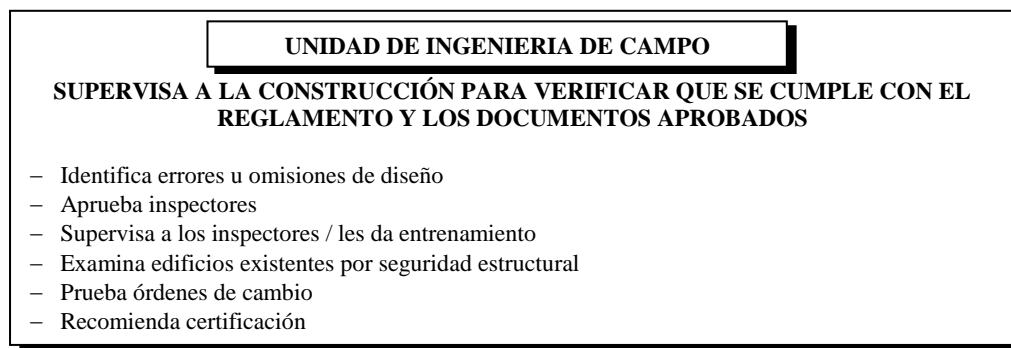
**Figura 2.10** Unidad de revisión de planos

### Unidad de Ingeniería de Campo

Esta unidad supervisa los trabajos de construcción para asegurar que cumplen con el Reglamento y con los documentos aprobados. Sus funciones son (figura 2.11):

- Identificar errores u omisiones de diseño
- Aprobar a los inspectores de construcción
- Supervisar la calidad del trabajo de los inspectores de construcción mediante visitas periódicas al sitio, revisar sus reportes y entrenarlos

- Evaluar el trabajo de los Arquitectos, Ingenieros, Laboratorios y Contratistas
- Examinar edificios existentes para determinar si son seguros para ocuparse cuando se requiere
- Aprobar órdenes de cambio
- Verificar que todos los requisitos se han cumplido y recomendar la certificación de edificios terminados



**Figura 2.11** Funciones de la Unidad de Ingeniería de Campo

### 2.5.3.3 Comportamiento durante sismos pasados

El comportamiento de edificios de escuelas durante sismos en California en 1940, 1952, 1971, 1980 y 1983 con magnitudes entre 6.1 y 7.7 ha sido documentado por Jephcott (1986). Él encontró que durante estos sismos ningún edificio certificado después de 1933 sufrió daños estructurales serios y que el costo de los daños fue entre cero y 3 % del costo de reemplazo. Jephcott también documenta que los daños en la población de edificios no supervisados por la DSA/SSS fueron considerablemente mayores. Un indicativo de la confianza y calidad de los edificios certificados por la DSA/SSS es que consistentemente en todos los sismos destructivos en California después de 1933, las escuelas son usadas como refugio de las personas desplazadas porque sus edificios han sido dañados.

### 2.5.4 Principios de Operación

Los principios en que se basan los trabajos de la DSA/SSS se pueden resumir de la manera siguiente:

- 1°. Todos los que diseñan, aun los mejores, son susceptibles de cometer errores o de interpretar mal el Reglamento
- 2°. Para obtener un alto grado de seguridad durante sismos intensos es necesario tener mucho cuidado tanto con los aspectos más generales del análisis como con los detalles más pequeños.
- 3°. Los conflictos de interés siempre llevan a resultados de inferior calidad:
  - El que diseña no debe de pagar el sueldo del que lo revisa
  - El contratista de construcción no debe de pagar el sueldo del que diseña, de los inspectores de construcción o de los laboratorios de pruebas
- 4°. El personal de la DSA/SSS que revisa el diseño y supervisa la construcción debe de tener un alto grado de preparación:
  - Solo se emplean Ingenieros con Licencia de Ingeniero Estructuralista. Esta licencia se obtiene mediante un examen de 16 horas (dos días) al que se tiene derecho tres años después de obtener la Licencia de Ingeniero Civil. En California hay aproximadamente 60,000 Ingenieros Civiles y solamente 3,000 Ingenieros Estructuralistas con Licencia.
  - La clasificación más baja en la DSA/SSS es “*Senior Structural Engineer*” que requiere licencia y un mínimo de 5 años de experiencia en diseño estructural.

## 2.5.5 Aspectos Generales

El sistema para la seguridad sismorresistente en general de edificios en EUA y en particular para escuelas, hospitales y servicios esenciales en California tiene aspectos comunes y no comunes con la filosofía, conceptos y procedimientos del control total de la calidad (CTC).

### 2.5.5.1 Aspectos no comunes con el CTC

Algunos de ellos son (figura 2.12):

- Se usan sistemas de No-confianza, o sea, de calidad por inspección
- Los mayores incentivos son de tipo negativo. Si los dueños y profesionistas responsables no cumplen con los requerimientos de las leyes y los reglamentos, ello conlleva:
  - Responsabilidad legal personal
  - Amenaza de demandas civiles o penales
  - Pérdida de reputación
  - Mayor costo de aseguramiento o pérdida del seguro de responsabilidad profesional (en la mayoría de los proyectos se requiere poseer este tipo de seguro).

<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>SISTEMA DE NO CONFIANZA: CALIDAD POR INSPECCIÓN</b><ul style="list-style-type: none"><li>– <b>Incentivos Negativos</b> Responsabilidad legal personal de los dueños Amenaza de demandas Pérdida de reputación profesional mayor costo de aseguramiento o pérdida del seguro de responsabilidad profesional</li><li>– <b>Incentivos Positivos</b> Mayor reputación profesional, negocios futuros</li></ul></li><li>▪ <b>ASPECTOS COMUNES CON EL CONTROL TOTAL DE CALIDAD (CTC):</b><ul style="list-style-type: none"><li>Tiene una visión</li><li>Se le da énfasis a la calidad</li><li>Proceso sin fin de mejoramiento</li></ul></li></ul>
---

Figura 2.12 Aspectos, conceptos y procedimientos del control total de la calidad (CTC)

### 2.5.5.2 Aspectos comunes con el CTC

Entre ellos se incluyen:

- Incentivos positivos tales como:
  - Mayor reputación profesional
  - Negocios futuros
- El sistema tiene una VISIÓN que podría más o menos expresarse de la siguiente manera: "Proteger con un alto grado de confiabilidad la vida y el bienestar de los estudiantes y habitantes de California mediante Ingeniería Estructural de la más alta calidad"
- Se le da énfasis a la calidad del diseño y la construcción
- Es un proceso que ha sido y continúa siendo objeto de mejoramiento y refinación continua.

### 2.5.5.3 Problemas y beneficios

Ellos se enlistan en la Figura 2.13.

- **PROBLEMAS**
  - Mayor costo
  - Proceso más prolongado
  - Ha generado adversarios
  - Burocratismo
  - Abuso de autoridad
  - Formas leves de corrupción
  - Los arquitectos e ingenieros lo usan como su control de calidad
- **BENEFICIOS**
  - Mejor diseño
  - Construcción de mayor calidad
  - Mejora y uniformiza la práctica del diseño
  - Educa a:
    - Ingenieros
    - Arquitectos
    - Inspectores
    - Laboratorios
  - Es un sistema de retroalimentación

**Figura 2.13** Problemas y beneficios del sistema para la seguridad sismorresistente en general de edificios en EUA.

## 2.6 Caso de Chile

### 2.6.1 Introducción

Chile es el país de mayor actividad sísmica del mundo. Tiene una frecuencia en terremotos 3 veces más alta que Japón, país que la sigue y en 1960 sufrió el terremoto de mayor magnitud registrado en este siglo. A pesar de ello, la destrucción de obras industriales y edificios, la paralización de actividades y las pérdidas humanas que se registran en la historia sísmica nacional son considerablemente menores que en países desarrollados como Estados Unidos, la ex Unión Soviética, Nueva Zelanda o México.

El sistema para asegurar la seguridad estructural en Chile, ubicado en una importante zona sísmica, surgió como respuesta a la observación de una innovación insuficiente y, a su vez, un menor esfuerzo de investigación, desarrollo y modernización respecto de otras actividades del país, tanto a nivel tecnológico como a nivel profesional, lo que se tradujo en una importante disminución de competitividad, para todo el sector de la construcción. Para lograr esto, existió un alto consenso sobre la importancia de articular y coordinar los mejoramientos de calidad y la productividad del sector. Otro factor importante para la creación del nuevo sistema de seguridad estructural fue que el Presidente Eduardo Frei visitó Turquía después de los sismos destructivos que allá se sufrieron y se preocupó de que algo similar pudiera pasar en su país. Por este hecho, en Chile se dio la voluntad política al más alto nivel para mejorar la seguridad estructural del país.

La seguridad estructural se verifica mediante un sistema compuesto por revisores de Proyecto de Cálculo Estructural, los cuales son profesionales calificados y certificados por oficinas gubernamentales a través de organismos colegiados privados. En las siguientes secciones se hace una descripción del sistema.

### 2.6.2 Sistema básico en Chile

El sistema básico para asegurar la calidad estructural de las edificaciones se puede resumir en los siguientes puntos:

- a) El propietario primer vendedor contrata un profesional calificado para la realización del anteproyecto, por lo general será un Arquitecto o un Ingeniero con experiencia. Este profesional estará encargado de coordinar las diferentes áreas de especialidades involucradas (Proyecto, Cálculo Estructural, Instalaciones entre otros).
- b) El propietario contrata un Revisor Independiente quien es un profesional competente, con inscripción vigente en el correspondiente Registro del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que verifica e informa al respectivo Director de Obras Municipales que los anteproyectos, proyectos y obras cumplen con todas las disposiciones legales y reglamentarias pertinentes. Los profesionales competentes que proyecten y ejecuten obras sometidas a las disposiciones de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, deberán acreditar su calidad de tales ante la Dirección de Obras Municipales al momento de solicitar los correspondientes permisos.
- c) El propietario contrata a un Revisor de Proyecto de Cálculo Estructural el cual será un Ingeniero Civil o Arquitecto. Este profesional revisa el proyecto de acuerdo a las normas técnicas vigentes y verifica su cumplimiento en lo que sea aplicable. La figura 2.14 muestra estas normas técnicas. La calidad de Revisor de Proyecto de Cálculo Estructural se acredita mediante copia del Certificado de Inscripción vigente en el Registro Nacional de Revisores de Proyecto de Cálculo Estructural, al momento de solicitar el permiso de edificación, y no podrán actuar como tal respecto del mismo proyecto en que les corresponda intervenir profesionalmente en cualquier otra calidad.
- d) Para la obtención del permiso de edificación de obra nueva se deberán presentar al Director de Obras Municipales los informes favorables por parte del Revisor de Proyecto de Cálculo Estructural y, cuando corresponda, del Revisor Independiente.
- e) Para la recepción definitiva de una obra, se manifiesta una declaración en el sentido de si ha habido o no cambios en el proyecto aprobado. Si las modificaciones inciden en el Proyecto de Cálculo Estructural, es necesario presentar debidamente modificados los documentos correspondientes. Tratándose de proyectos de cálculo estructural que deben someterse a revisión son visados por el Revisor de Proyecto de Cálculo Estructural.

### 2.6.3 Antecedentes

Hasta el año de 1980, las Direcciones de Obras Municipales estaban facultadas para revisar el proyecto de cálculo estructural. Sin embargo, muy pocas municipalidades contaban con profesionales para ejecutar dicha labor.

- A partir de 1980 se eliminó la revisión del proyecto por parte de las municipalidades, estableciéndose como único responsable al profesional calculista del proyecto
- Existía falta de especialización en la enseñanza universitaria. El creciente acceso a programas computacionales creados para resolver problemas en forma automática, el diseño de las estructuras, previa simulación de las condiciones sísmicas, hace aún más necesaria la revisión profesional de los proyectos. La arquitectura es cada vez más audaz y requiere proyectos de ingeniería estructural cada vez más sofisticados. La amplia utilización de soluciones estructurales de marco rígido, exige por razones técnicas, una alta rigurosidad en la definición del cálculo
- Por lo anterior, a partir del año 1993, los Ministerios de Obras Públicas y de Vivienda y Urbanismo, la Cámara Chilena de la Construcción, los Colegios de Arquitectos, Ingenieros y Constructores Civiles, la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica, realizaron un trabajo

mancomunado para lograr la fundación del Instituto de la Construcción, materializándose como una Corporación de Derecho Privado sin Fines de Lucro, a fines del año 1996.

- En el mes de agosto del 2001 se promulgó la Ley N° 19.748, la que incorpora la obligatoriedad de efectuar la Revisión del Proyecto de Cálculo Estructural, recogiendo en su texto las propuestas de la mayoría de las instituciones e instancias que fueron consultadas por las Comisiones parlamentarias, oportunidad en la cual y de manera inédita, se incorporó en dicha ley la posibilidad de que el Ministerio de Vivienda y Urbanismo delegase en una institución privada –el Instituto de la Construcción- la gestión y administración del Registro que conlleva la iniciativa en cuestión
- En el mes de mayo del año 2002 se modifica la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, mediante el Decreto N° 115, y en el mes de octubre del mismo año se aprueba el Reglamento del Registro, mediante el Decreto N° 134, constituyendo estos instrumentos en base para la operación del mismo
- Todo lo anterior permitió que con fecha 10 de diciembre de 2002, se suscribiera un Convenio entre el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Instituto de la Construcción, mediante el cual el MINVU le encomienda al Instituto la gestión, administración y mantención del Registro de Revisores de Proyectos de Cálculo Estructural

#### NORMAS TÉCNICAS CHILENAS

NCh 169	Ladrillos cerámicos – Clasificación y requisitos.
NCh 181	Bloques huecos de hormigón de cemento.
NCh 203	Acero para uso estructural – Requisitos.
NCh 204	Acero – Barras laminadas en caliente para hormigón armado.
NCh 205	Acero – Barras reviradas para hormigón armado.
NCh 211	Barras con resaltes en obras de hormigón armado.
NCh 218	Acero – Mallas de acero de alta resistencia para hormigón armado – Especificaciones.
NCh 219	Mallas de acero de alta resistencia - Condiciones de uso en el hormigón armado.
NCh 427	Construcción – Especificaciones para el cálculo, fabricación y construcción de estructuras de acero.
NCh 428	Ejecución de construcciones en acero.
NCh 429	Hormigón Armado – Primera parte.
NCh 430	Hormigón Armado – Segunda parte.
NCh 431	Construcción - Sobrecargas de nieve.
NCh 432	Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.
NCh 433	Diseño sísmico de edificios.
NCh 434	Barras de acero de alta resistencia en obras de hormigón armado.
NCh 1159	Acero estructural de alta resistencia y baja aleación para construcción.
NCh 1173	Acero – Alambre liso o con entalladuras de grado AT56–50H, para uso en hormigón armado – Especificaciones.
NCh 1174	Construcción – Alambre de acero liso o con entalladuras, de grado AT56 – 50H en forma de barra rectas – Condiciones de uso en el hormigón armado.
NCh 1198	Madera - Construcciones en madera – Cálculo.
NCh 1537	Diseño estructural de edificios – Cargas permanentes y sobrecargas de uso.
NCh 1928	Albañilería armada – Requisitos para el diseño y cálculo.
NCh 1990	Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.
NCh 2123	Albañilería confinada – Requisitos de diseño y cálculo.
NCh 2151	Madera laminada encolada estructural – Vocabulario.
NCh 2165	Tensiones admisibles para la madera laminada encolada estructural de pino radiata.
NCh 2369	Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales.
NCh 2577	Construcción – Barras de plástico reforzado con fibras de vidrio, fibras de carbono y fibras arámidas – Requisitos

**Figura 2.14** Normas Técnicas Chilenas

## **2.6.4 Revisor de proyecto de cálculo estructural**

El Revisor de Proyecto de Cálculo Estructural es un Ingeniero Civil o Arquitecto, con inscripción vigente en el Registro Nacional de Revisores de Proyectos de Cálculo Estructural, que mantendrá el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que efectúa la revisión del proyecto de cálculo estructural. Se entenderá también como tal, la persona jurídica en cuyo objetivo social esté comprendido dicho servicio y que para estos efectos actúe a través de uno de dichos profesionales.

De acuerdo con lo establecido en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, el propietario deberá contratar un Revisor de Proyecto de Cálculo Estructural en los casos siguientes:

- Edificios de uso público
- Conjuntos de viviendas cuya construcción hubiere sido contratada por los Servicios de Vivienda y Urbanización
- Conjuntos de viviendas sociales de 3 ó más pisos
- Conjuntos de viviendas de 3 ó más pisos que no sean sociales
- Edificios de 3 ó más pisos cuyo destino sea uso exclusivo de oficinas privadas
- Edificios que deban mantenerse en operación ante situaciones de emergencia, tales como hospitales, cuarteles de bomberos, cuarteles policiales, edificaciones destinadas a centros de control de empresas de servicios energéticos y sanitarios, emisoras de telecomunicaciones
- Edificios cuyo cálculo estructural esté basado en Normas extranjeras, las cuales deberán ser declaradas al momento de solicitar el permiso

El Revisor del Proyecto de Cálculo Estructural informará favorablemente si el respectivo proyecto cumple con lo señalado. En caso contrario formulará observaciones, debiéndolas poner en conocimiento del proyectista de cálculo estructural, por escrito, en un solo acto, indicando la totalidad de las observaciones que deben ser aclaradas o subsanadas para dar curso al informe favorable, remitiendo copia de las observaciones al propietario.

En caso en que se justifique debidamente que no existen normas técnicas aplicables a la materia, los proyectos de cálculo estructural deberán ser realizados sobre la base de normas técnicas extranjeras, cuya aplicación se adecue más al proyecto, a criterio del Revisor del Proyecto de Cálculo Estructural.

## **2.6.5 Reglamento del Registro Nacional de revisores de proyectos de Cálculo Estructural**

Este reglamento regula los requisitos de inscripción, las causales de inhabilidad, de incompatibilidad, así como las infracciones y sanciones.

### **2.6.5.1 Requisitos de inscripción de personas naturales**

Las personas físicas interesadas en ingresar al Registro Nacional de Revisores de Proyecto de Cálculo Estructural deberán acreditar estar en posesión del título profesional de Arquitecto, o de Ingeniero Civil con especialidad en Obras Civiles, acreditando también la experiencia mínima exigida para las distintas categorías que se establecen en el Reglamento del Registro Nacional de revisores de proyectos de Cálculo Estructural.

Las personas morales podrán inscribirse en el registro siempre y cuando su objetivo social sea la revisión de proyectos de cálculo estructural y cuando a lo menos una persona de la sociedad cumpla con los requisitos profesionales que le habilitan para inscribirse como persona física.



Cuando los profesionales tengan especialidades distintas, ellas deberán estar relacionadas con la construcción. Si esta relación no fuera clara y existieran discrepancias, la Comisión Nacional de Apelación del Registro de Revisores de Proyecto de Cálculo Estructural decidirá sobre el particular mediante resolución, con el mérito del informe que emita la institución de educación superior que otorgó el título en la especialidad.

Los requisitos de tiempo de preparación académica en los cursos de especialidad en estructuras deberán, como mínimo, ser de 1.000 horas docentes de dedicación del alumno, las cuales incluyen: asistencia a clases teóricas, ejercicios y talleres de proyecto estructural.

Dentro de las horas indicadas también se incluyen las adquiridas por especialización de postgrado en estructuras.

### **2.6.5.2 Inhabilidades e Incompatibilidades para la Inscripción en el Registro**

Un Revisor estará inhabilitado para inscribirse en más de una categoría del Registro, sea como persona física o como integrante de una persona moral.

Estarán inhabilitados para inscribirse en el Registro, sea como persona física pura y simple o en calidad de integrante de una persona moral, o para desempeñarse como Revisores si ya estuvieran inscritos, las personas que hayan sido condenadas por crimen o simple delito que merezca pena aflictiva y los Revisores que estén sancionados por algún otro Registro del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. En este último caso la inhabilidad para la inscripción se extenderá por dos años desde el término de la sanción.

Los Revisores estarán afectados a las siguientes incompatibilidades y por consiguiente no podrán actuar como tales:

- a. Respecto de proyectos en que les corresponda intervenir profesionalmente en cualquier otra calidad.
- b. Respecto de proyectos de cálculo estructural referidos a permisos de edificación de obras en los que le cabe alguna participación a la persona jurídica de la cual forman parte o a otro de los socios, directores o administradores de dicha persona jurídica, en calidad relevante, tales como: propietario, proyectista, constructor, supervisor, inspector técnico o revisor independiente.
- c. Respecto de proyectos de cálculo estructural referidos a permisos de edificación de obras emplazadas en predios que pertenezcan en dominio al Revisor o a sus parientes hasta el 4° grado de consanguinidad ó 2° de afinidad.
- d. Respecto de proyectos de cálculo estructural referidos a permisos de edificación de obras emplazadas en predios que pertenezcan en dominio a una sociedad de personas de la cual el revisor sea socio o a una sociedad anónima o a otra persona moral en que sea director o administrador, según corresponda.
- e. Respecto de proyectos que se relacionen con Municipalidades, o con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, el Ministerio de Obras Públicas o el Servicios de Vivienda y Urbanización respectivo, cuando cumplan funciones de Revisor de Proyectos o de Calculistas de dichos servicios.
- f. Respecto de proyectos en que sean socios del revisado o exista alguna relación contractual y/o dependencia económica de algún tipo entre el proyectista y el Revisor o tenga intereses comerciales

en el proyecto específico o participación, de cualquier naturaleza, en alguna sociedad relativa al proyecto en cuestión.

### **2.6.5.3 Categorías para la Inscripción en el Registro Nacional**

En el Registro Nacional de revisores se plantean tres categorías en las que podrán inscribirse los arquitectos con especialidad en estructuras o cálculo de estabilidad de las edificaciones y los ingenieros civiles, que estén legalmente autorizados para ejercer en el país de acuerdo con los requisitos que establece el Colegio de Ingenieros de Chile A.G., para la especialidad Obras Civiles, aún cuando no se encuentren inscritos en dicha Asociación Gremial.

Para inscribirse en alguna de las categorías, los interesados deberán acreditar la experiencia y demás requisitos que se indican en la tabla 2.2.

### **2.6.6 Documentos y aspectos mínimos a considerar relativos a la revisión del proyecto de cálculo estructural**

Con el propósito de facilitar la interacción entre el Proyectista y el Revisor del Proyecto de Cálculo Estructural, la Secretaría Ejecutiva del Registro, con la colaboración de diversos revisores, proponen los documentos mínimos que debe proporcionar el Proyectista al Revisor. Asimismo se establecen los aspectos mínimos que se deben considerar al momento de hacer la revisión.

#### **2.6.6.1 Documentación requerida para la revisión**

No obstante lo establecido en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones relativo a los contenidos de la memoria de cálculo y los planos estructurales (ver sección 2.6.7) que se deben presentar a la Dirección de Obras Municipales, los antecedentes mínimos que debe proporcionar el proyectista al revisor son los siguientes:

1. Planos completos del proyecto de cálculo estructural, firmados por el proyectista.
2. Especificaciones técnicas, en documento aparte de los planos.
3. Planos de arquitectura de plantas, cortes y elevaciones.
4. Memoria de cálculo: Título y materia, número de páginas, fechas y calculista. Se debe incluir bases de cálculo, análisis y diseño de los principales elementos estructurales. Se entregará parte o en su totalidad en formato digital y en papel.
5. Estudio de características del suelo de cimentación y proyecto de socializado.
6. Identificación e información de los programas de computación utilizados.
7. Estudio de Mecánica de Suelos o informe de la calidad del suelo de apoyo -firmado por un ingeniero civil- y parámetros de cálculo considerados del suelo, para el diseño de las cimentaciones.
8. Para el caso de revisiones de proyectos que comprometan estructuras existentes, se debe incluir además de lo anterior, un levantamiento de las construcciones existentes, el cual describa claramente su estructura.

Una vez que el proyectista proporcione a lo menos todos los antecedentes detallados anteriormente, el Revisor procederá a efectuar la revisión considerando como mínimo las labores que se detallan en la sección 2.6.6.2.

**Tabla 2.2** Categorías para registro de inscripción de Revisor de proyectos de Cálculo Estructural

<b>CATEGORIAS PARA REGISTRO DE INSCRIPCION</b>	
<b>Primera Categoría</b>	
Requisitos	Que hayan ejercido como mínimo 12 años como Proyectista de Cálculo Estructural o como Revisor de Proyectos de Cálculo Estructural y acrediten una cantidad no inferior a los 150.000 m <sup>2</sup> en proyectos de cálculo o revisión de los mismos, en los últimos 10 años y no menos de 5 edificios sobre 10.000 m <sup>2</sup> en los últimos 8 años.
Alternativas	Deberán acreditar estar en posesión del grado académico de Doctor en el área de estructuras y una experiencia de por lo menos, 10 años en el campo de la Ingeniería Estructural, en Consultorías, Asesorías, Peritajes, Revisiones Sísmicas, Análisis Estructurales Especiales, Proyectos de Cálculo Estructural u otras actividades de similares características.
Facultades	Revisión de los proyectos de obras de edificación sin importar la cantidad de metros cuadrados calculados
<b>Segunda Categoría</b>	
Requisitos	Que acrediten una cantidad no inferior a los 100.000 m <sup>2</sup> en proyectos de cálculo o revisión de los mismos, en los últimos 8 años y no menos de 3 edificios sobre 8.000 m <sup>2</sup> en los últimos 5 años.
Alternativas	Deberán acreditar estar en posesión del grado académico de Magíster o Doctor en el área de estructuras y una experiencia de por lo menos 8 años en el campo de la Ingeniería Estructural, en Consultorías, Asesorías, Peritajes, Revisiones Sísmicas, Análisis Estructurales Especiales, Proyectos de Cálculo Estructural u otras actividades de similares características.
Facultades	Proyectos de obras de edificación en que la cantidad de metros cuadrados calculados no exceda los 15.000 m <sup>2</sup> . En el caso de unidades repetidas éstas no deben sobrepasar los 8.000 m <sup>2</sup>
<b>Tercera Categoría</b>	
Requisitos	Que acrediten una cantidad no inferior a los 50.000 m <sup>2</sup> en proyectos de cálculo o revisión de los mismos, en los últimos 5 años y no menos de 3 edificios sobre 5.000 m <sup>2</sup> en los últimos 3 años.
Alternativas	Deberán acreditar estar en posesión del grado académico de Magíster o Doctor en el área de estructuras y una experiencia de por lo menos 5 años en el campo de la Ingeniería Estructural, en Consultorías, Asesorías, Peritajes, Revisiones Sísmicas, Análisis Estructurales Especiales, Proyectos de Cálculo Estructural u otras actividades de similares características.
Facultades	Proyectos de obras de edificación en que la cantidad de metros cuadrados calculados no exceda los 10.000 m <sup>2</sup> . En el caso de unidades repetidas éstas no deben sobrepasar los 6.000 m <sup>2</sup> .

### 2.6.6.2 Labores mínimas del revisor

El Revisor del Proyecto de Cálculo Estructural revisará el proyecto de acuerdo con las norma técnicas que se señalan en Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y verificará su cumplimiento en lo que sea aplicable. No obstante lo anterior el Revisor efectuará como mínimo las siguientes labores:

#### 1. Respecto de la Estructuración general y bases de cálculo:

- Revisión breve del sistema estructural y su comportamiento, tanto estático como sísmico.
- Revisión de la relación del suelo con la estructura.
- Revisión del cumplimiento de las normas empleadas.
- Revisión de los parámetros básicos usados en el cálculo, cargas, sobrecargas de uso, materiales, esfuerzos admisibles, características generales del suelo y otras que se considere relevantes.

2. Respecto de los resultados del cálculo: Revisión de los modelos sísmicos y estáticos, de los resultados de los análisis y verificar los resultados para las diversas combinaciones que corresponda.

3. A partir de los resultados del punto 2, se sugiere que el Revisor realice una revisión selectiva del diseño estructural de los elementos o zonas críticas, a modo de revisión final del diseño.

4. Verificación del contenido de los planos y su concordancia con los resultados del análisis.

5. Recepción de planos definitivos (emitidos para construcción) y proyecto de socializado, cuando corresponda.

### 2.6.7 Requisitos de la memoria de cálculo y plano estructural

De acuerdo con la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, la memoria de cálculo deberá contener las indicaciones siguientes:

1. Cargas y sobrecargas verticales por metro cuadrado (fija o móvil).
2. Fuerzas horizontales (tales como solicitaciones sísmicas, viento, empujes laterales, y sus totales por pisos).
3. Esfuerzos admisibles en los materiales y en el terreno y justificación de estas últimas.
4. Indicación de las condiciones de medianería y, asimismo, previsiones hechas para resguardar la seguridad de los terrenos y edificaciones vecinas.

Los planos de estructura contendrán los siguientes dibujos:

1. Plantas de cimentación y de cada piso o grupo de pisos iguales, a escala entre 1:100 y 1:10. En estos planos se indicará la ubicación de los distintos conductos colectivos, tales como de ventilación ambiental, de evacuación de gases de la combustión y de basura, cuando fuere necesario.
2. Secciones generales indispensables para definir las diversas partes de la estructura a escala entre 1:100 y 1:10.
3. Detalles de construcción de cimentación, losas, vigas, ensambles, perfiles y otros que sean necesarios para la buena ejecución de la obra, a escala entre 1:100 y 1:10.
4. Especificaciones Técnicas de diseño que incluyan las características de los materiales considerados en el proyecto, zona sísmica donde se construirá el proyecto y el tipo de suelo de cimentación.
5. Detalles de juntas de dilatación o separación entre cuerpos.

Se exceptúan de la obligación de contar con proyecto de cálculo estructural, las edificaciones cuya superficie sea menor de 100 m<sup>2</sup>, las obras menores y las siguientes clases de construcción, cuya carga de ocupación sea inferior a 20 personas:

- **Clase C:** Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.
- **Clase D:** Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado entramados de madera.
- **Clase E:** Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yeso-cartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera.
- **Clase F:** Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera.

### 2.6.8 Responsabilidades y sanciones

La tabla 2.3 muestra las responsabilidades, que se establecen en el documento de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, para Los profesionales competentes que proyecten y ejecuten obras sometidas a las disposiciones de la Ley General de Urbanismo y Construcciones.

**Tabla 2.3 Responsabilidades**

<b>Involucrado</b>	<b>Responsabilidad</b>
propietario primer vendedor	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Será responsable por todos los daños y perjuicios que provengan de fallas o defectos en ella producidos como consecuencia de su diseño y/o de su construcción, sea durante su ejecución o después de terminada, sin perjuicio de su derecho a repetir en contra de quienes él estime responsables.</li> </ul>
Proyectista	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serán responsables, en sus respectivos ámbitos de competencia, por los errores en que hayan incurrido, si de éstos se han derivado daños o perjuicios.</li> <li>▪ El proyectista será responsable respecto de los cálculos de superficie edificada, de los coeficientes de constructibilidad y de ocupación del suelo, porcentajes, superficies de sombra y demás antecedentes declarados, cuyo cálculo no corresponderá verificar a las Direcciones de Obras Municipales.</li> </ul>
Revisores Independientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serán subsidiariamente responsables con los proyectistas, en lo que dice relación con la aplicación de las normas pertinentes al respectivo proyecto de arquitectura, en los casos que a la solicitud de permiso y de recepción definitiva de las obras se acompañe informe favorable elaborado por dichos revisores.</li> <li>▪ Cuando para las recepciones de obras sean contratados los servicios de un Revisor Independiente, a éstos les corresponderá informar que las obras se ejecutaron conforme al proyecto aprobado por la Dirección de Obras Municipales o a sus respectivas modificaciones sin perjuicio de las responsabilidades que les compete en estas mismas materias al constructor a cargo de la obra, a los supervisores, a los profesionales que adoptan y certifican las medidas de gestión y control de calidad y a los inspectores técnicos en caso que la obra se refiera a edificios de uso público.</li> <li>▪ No corresponderá al Director de Obras Municipales ni al Revisor Independiente revisar los <u>proyectos de cálculo estructural</u>.</li> </ul>
Constructores	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serán responsables por las fallas, errores o defectos de la construcción, incluyendo las obras ejecutadas por subcontratistas y por el uso de materiales o insumos defectuosos, sin perjuicio de las acciones legales que puedan interponer a su vez en contra de los proveedores, fabricantes y subcontratistas.</li> <li>▪ Será responsabilidad del constructor de la obra, mantener en ella en forma permanente y debidamente actualizado, un Libro de Obras conformado por hojas originales y dos copias de cada una, todas con numeración correlativa.</li> </ul>
Inspector técnico	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Será responsable de fiscalizar que las obras se ejecuten conforme a las normas de construcción aplicables en la materia y al permiso de construcción aprobado.</li> <li>▪ Con todo, los inspectores técnicos serán subsidiariamente responsables con el constructor de la obra.</li> </ul>
El Supervisor	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Será responsable de velar porque el proyecto de arquitectura se materialice según los planos y especificaciones técnicas aprobados por el Director de Obras Municipales, incluidas sus modificaciones. En las solicitudes de permiso siempre deberá identificarse al Supervisor de las obras, aún cuando sea también el autor del proyecto.</li> <li>▪ La responsabilidad del supervisor es sin perjuicio de las responsabilidades que corresponde en estas mismas materias al constructor, a los profesionales que informan de las medidas de gestión y control de calidad y a los inspectores técnicos cuando proceda.</li> </ul>
Personas morales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serán solidariamente responsables con el profesional competente que actúe por ellas como proyectista o constructor, respecto de los daños y perjuicios que ocasionaren.</li> </ul>

## 2.7 Caso de Japón

### 2.7.1 Introducción

En Japón cuando se diseña o se construye un edificio es necesario seguir las regulaciones de construcción establecidas en el Building Standard Law, en adelante BSL. El BSL provee, entre otras cosas, los procedimientos para aprobar construcciones, estándares técnicos para edificios y medidas de control para obras colectivas.

Dependiendo de la situación local, el BSL nombra al alcalde de un municipio como el Organismo Administrativo Designado y le da poder para que instituya acciones correctivas contra los edificios que

violen las regulaciones, establezca los límites de las construcciones y aprueben casos especiales de construcción de edificios en zonas con uso de suelo designado.

Además del Organismo Administrativo Designado, el BSL estipula la figura municipal del oficial de obras para encargarse de la administración de las aprobaciones de obra bajo la dirección y supervisión del alcalde.

### 2.7.2 Historia de las regulaciones de construcción en Japón

- La ingeniería sísmica en Japón se inició hace aproximadamente 120 años, después del terremoto Nobi en 1891. Este terremoto causó un serio impacto en la ingeniería civil y los concientizó de la importancia del diseño sísmico en Japón.
- El primer código de construcción en Japón es el Urban Building Control Law, UBCL en adelante. EL UBCL es el predecesor del BSL y entró en vigor en 1920. Inicialmente sólo se aplicaba a las 5 mayores ciudades (Tokio, Osaka, Kioto, Yokohama y Kobe) pero su área de cobertura fue expandiéndose gradualmente. En este reglamento se establecía que las construcciones debían ser aprobadas por las autoridades correspondientes mediante un sistema de aprobación de obra, y no incluía ningún reglamento de carácter técnico sobre el diseño sísmico.
- En 1923, el gran sismo de Kwantó devastó la ciudad de Tokyo, lo cual aceleró la adopción del código sísmico y motivó que se introdujera en el Código un reglamento que estableció el diseño sísmico con esfuerzos permisibles y el coeficiente basal al cortante de 0.2. Al mismo tiempo, la ventaja de construir edificios de concreto reforzado recibió amplio reconocimiento, porque se observaron menos daños en estos edificios de concreto reforzado que en los edificios de mampostería de tabique. Desde entonces en Japón, el número de edificios hechos de concreto reforzado ha ido aumentando gradualmente.
- Sin embargo, en aquel momento muy pocos ingenieros eran capaces de hacer cálculo estructural en Japón. Por esta situación, los profesores del Instituto de Arquitectura de Japón editaron el Lineamiento de Cálculo Estructural y lo publicaron en 1933. El libro contribuyó mucho a la difusión de los métodos de cálculo estructural de diseño y con él se formaron muchos ingenieros expertos en estructura después de los años 30. A pesar de estos esfuerzos, los grandes sismos continuaron causando graves daños, tanto materiales como personales hasta alrededor de 1950.
- Esta situación se debía, principalmente, al hecho de que el UBCL no se aplicaba a las construcciones que se encontraban fuera de las grandes ciudades. Al promulgarse el Building Standard Law en 1950, en sustitución del UBCL, la nueva ley dispuso que cualquier construcción que se ejecute en cualquier parte del territorio japonés debe ser diseñada por ingenieros de construcción con licencia, adoptando el método de diseño sísmico de esfuerzos permisibles con un coeficiente basal al cortante de un 0.2. El BSL está basado en la verificación por parte del oficial de obras (sistema de verificación) y provee los estándares técnicos para edificios individuales y medidas de control para obras colectivas. Además, el diseño debe pasar por la aprobación de *los funcionarios inspectores de construcción*.
- Después de la entrada en vigor de esta ley, se redujo grandemente el número de víctimas y de edificios destruidos por un sismo. Su número disminuyó a una décima parte en comparación con las décadas anteriores.

- Sin embargo, aun después de 1950, se registraron daños significativos con los sismos grandes, que ascendieron a varios cientos o más de 1,000 edificios dañados en algunos casos (el sismo de Niigata, en 1962, y el sismo del mar de Tokachi-oki, 1968)
- Entre 1972 y 1976, el Ministerio de Construcción realizó investigaciones exhaustivas sobre las fallas por cortante en las columnas de concreto reforzado y sobre el comportamiento plástico de las juntas en las estructuras de acero. Con base en los resultados de la investigación, se revisaron amplia y drásticamente las regulaciones del diseño sísmico contenidas en el BSL, en 1981. El código adoptó un procedimiento de diseño de dos niveles, por ejemplo: 1) el diseño tradicional del esfuerzo permisible y 2) la confirmación de la resistencia lateral requerida en los edificios dependiendo de la ductilidad de la estructura.
- En 1977 se desarrolla una “Guía para la Evaluación Sísmica de los Edificios Existentes de Concreto Reforzado”.
- En 1999 el BSL sufrió cambios debido a la primera revisión que tenía desde su inicio de aplicación en casi 50 años. El nuevo BSL fue puesto en operación en 3 etapas durante 2 años después de su promulgación e incluye las siguientes nuevas características:
  - Apertura de los servicios de inspección y verificación al sector privado.
  - Revisión de los sistemas de control de construcción incluyendo los avances en los estándares del diseño por desempeño.
  - Introducción de técnica de control de construcción que conduce al uso eficiente del suelo.
  - Introducción de inspecciones intermedias.
  - Acceso público a la documentación relacionada con las inspecciones de aprobación.

### **2.7.3 Organismo Administrativo Designado**

El Organismo Administrativo Designado es la cabeza del aparato administrativo del municipio (alcalde) o prefectura a la que pertenece el Oficial de Obras. Entre sus principales tareas se encuentran:

- Designación del Oficial de Obras y del Vigilante de Obras.
- Expedición de autorizaciones sobre asuntos que se encuentran prohibidos.
- Expedición de aprobaciones o designación de asuntos que sean requeridos desde el punto de vista de la legislación de operación de construcciones.
- Expedición de la orientación relacionada con la rectificación de la situación de las llamadas “obras en violación”.

### **2.7.4 Oficial de Obras**

El Oficial de Obra es la autoridad nombrada por la cabeza de la municipalidad o prefectura y que ha sido aprobado y evaluado mediante un examen por parte del Ministerio de Territorio, Infraestructura y Transporte. El Oficial de Obras se encarga de la verificación de la estructura y otros trabajos relacionados bajo la dirección y supervisión del Organismo Administrativo Designado. Las funciones del Oficial de Obras son asignadas directamente por el BSL y el Organismo Administrativo Designado no puede reemplazarlo para el desempeño de sus funciones. En relación con la insatisfacción sobre alguna medida administrativa que el Oficial de Obras haya tomado, este actuará como una parte interesada en el problema y no podrá ser reemplazado por el Organismo Administrativo Designado o por el organismo público local en cuestión.

Entre las principales funciones del Oficial de Obras se encuentran:

- Recepción, evaluación y notificación de las verificaciones de obra.
- Inspecciones intermedias, recepción y evaluación de notificaciones de terminación de obra y expedición de certificados de evaluación.
- Recepción y aprobación de solicitudes de uso provisional.
- Recepción del reporte del estado de ejecución de la obra y otros reportes relacionados.
- Delegación de poderes a los oficiales en cargo de los asuntos prácticos.

### **2.7.5 Vigilante de Obras**

El Vigilante de Obras es el oficial designado para encargarse de la regulación de las obras que han sido construidas con violaciones al BSL (llamados “edificios en violación”), así como de dar la dirección y orientación necesaria para rectificar su situación irregular.

El Vigilante de Obras tiene la autoridad para emitir órdenes de suspensión de los trabajos de construcción de las obras, órdenes de prohibición de uso y órdenes de restricción de uso para los “edificios en violación”.

### **2.7.6 Organización del sistema de administración de obras de Tokio**

La figura 2.15 muestra de manera esquemática la organización del sistema de administración de obras en la ciudad de Tokio.

### **2.7.7 Procedimiento para la aprobación de edificios**

La aplicación para la aprobación de una obra, solicitada por el dueño del edificio, se realiza de acuerdo al diagrama de flujo de la figura 2.16.



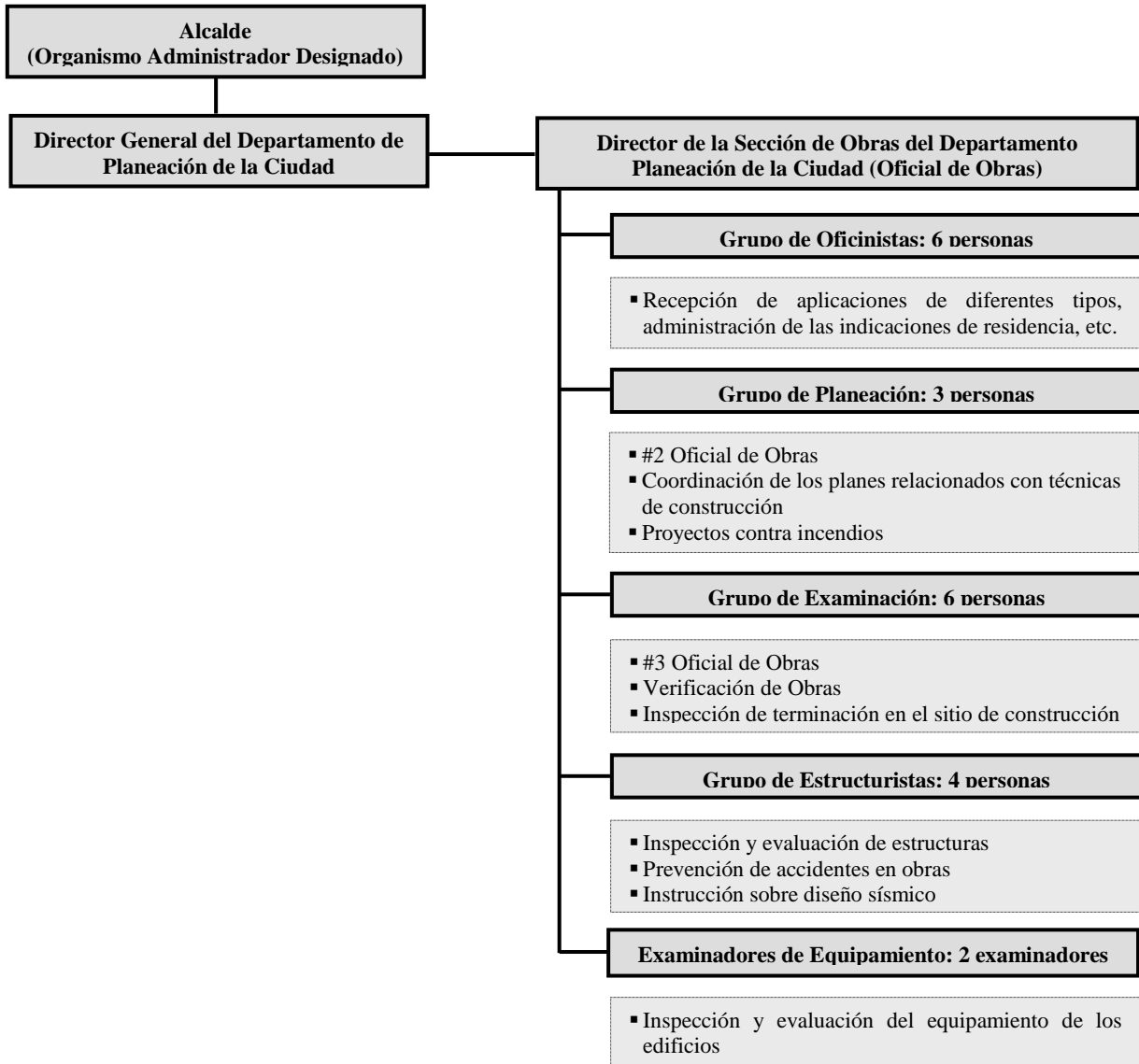


Figura 2.15 Organización del sistema de administración de obras de Tokio

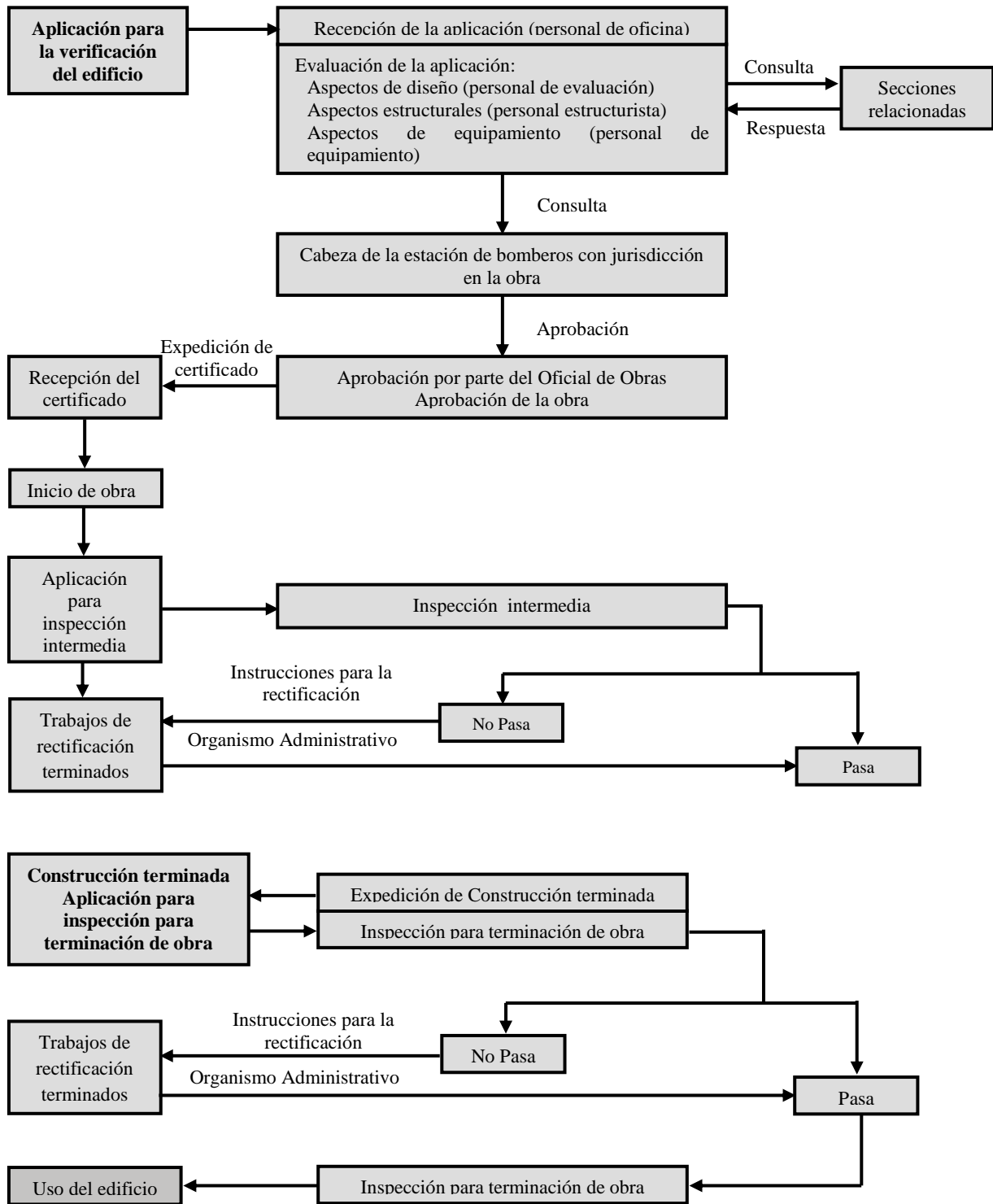


Figura 2.16 Procedimiento para la aprobación de edificios

## CAPÍTULO 3

### OBSERVANCIA DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES EN LAS EDIFICACIONES NUEVAS DEL DISTRITO FEDERAL

En este capítulo se presenta un primer estudio sobre la Observancia del Reglamento de Construcciones a una muestra de viviendas construidas a partir del 2004, en relación al cumplimiento de la legislación y normativa vigentes. Con esto, se espera tener bases firmes para tomar medidas que conduzcan a mejorar el cumplimiento del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y, con ello, la seguridad de las estructuras en la Ciudad de México e implementar acciones para estudios más detallados y prácticos a realizar para la revisión e inspección estructural de edificaciones existentes de vivienda. Se estudian documentos técnicos que proporciona la Delegación y el Director Responsable de Obra, información que se considera actualizada y registrada del proyecto completo. Se complementa con ensayos de laboratorio para estructuras de concreto. No se pretende buscar y mucho menos señalar quienes cumplen con el contenido de las normas, sino en conocer el porcentaje de las estructuras que podrían estar en riesgo y no concentrarse únicamente en las que se apreciaran fallas evidentes.

#### 3.1 Estudio de la observancia: Fase I

##### 3.1.1 Descripción

Se trata de un estudio sobre documentos técnicos de construcción; se trabaja en la revisión de memorias de cálculo y planos estructurales proporcionados por tres delegaciones del Distrito Federal. Constituye un primer acercamiento al tema, para conocer el cumplimiento de la observancia del Reglamento de Construcciones y sus Normas Técnicas. Como instrumentos, se optó por los cuestionarios con preguntas sobre ciertos aspectos relativos al contenido de las memorias y planos estructurales. También, como parte del estudio, se hacen análisis con la ayuda de programas comerciales para el modelaje y análisis de edificios; estos modelos se realizaron con la información de las propiedades geométricas que se disponía en los documentos.

##### 3.1.2 Población y muestra

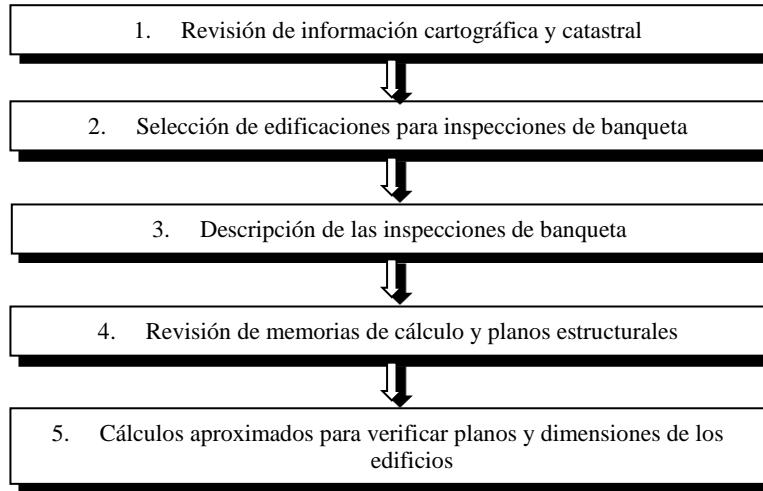
- **Universo:** Todas las edificaciones con uso de vivienda de más de cuatro niveles construidos en tres delegaciones de la Ciudad de México a partir del 2004: 5,477 edificaciones en la delegación Cuauhtémoc, 6,105 en la Benito Juárez y 1,846 en la Venustiano Carranza.
- **Muestra:** Un total de 20 edificaciones seleccionadas de un grupo de 150 edificios.

##### 3.1.3 Acciones

- Estudia en detalle el contenido de las memorias de cálculo y de los planos estructurales para 20 edificios seleccionados al azar. Si bien el contenido de los documentos pueden no ser claros y suficientes para su interpretación, se desea dejar constancia de ese hecho como indicador de la observancia del reglamento vigente.
- Se realizan estadísticas, haciendo una revisión a una serie de preguntas relativas a la información contenida en los documentos, sondeando los requisitos necesarios para considerar como completos y aceptables cada uno de ellos.

- Luego del análisis de la información de los documentos, se realiza el análisis y modelaje de los edificios para revisión de estados límite de servicio y último establecidos en el RCDF-2004.
- Finalmente se establecen conclusiones y se presentan sugerencias.

En la figura 3.1 se muestra el flujograma del procedimiento del estudio de la observancia del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, fase I.



**Figura 3.1** Flujograma del procedimiento del estudio de la Observancia Fase I

En lo que sigue se detalla cada uno de los pasos mostrados en el flujograma de la figura anterior.

### 3.1.4 Revisión de información cartográfica y catastral

Como primer requisito fue necesario contar con información confiable del universo de construcciones de la Ciudad de México. Previamente se disponía de una base de datos sobre información de algunos edificios, mapas digitales y datos de la Ciudad de México que incluye colonias, manzanas, predios, calles, y construcciones que cuenta con datos detallados sobre daño estructural observado durante sismos pasados (sismos de 1957, 1979 y 1985). Esta información se verificó con la información contenida en el catastro y al final de la revisión, se consideró que la información del catastro era confiable y útil para los fines del estudio, y así obtener algunos datos reales. De esta información, para que la población a estudiar cumpliera con las mismas condiciones, se identificaron edificaciones que tuvieran las siguientes características:

1. **Ubicadas en las tres Delegaciones de interés.** Delegación Benito Juárez, Cuauhtémoc y Venustiano Carranza.
2. **Con uso de vivienda.**
3. **Con número de niveles de la edificación mayor o igual a cuatro.** Las estructuras de vivienda menores a tres niveles han presentado, en la Ciudad de México, un adecuado nivel de seguridad sísmica.
4. **Construidas a partir del año 2004.** En ese año entró en vigencia el nuevo Reglamento de Construcciones del Distrito Federal

### 3.1.5 Selección de estructuras para inspección de banqueta

A partir de la base de datos de miles de edificios y con la ayuda de un sistema de información especializado en el manejo y análisis de información geográfica (SIG), la utilidad de aplicar filtros

permitió dejar sólo aquellas estructuras que cumplieran las 4 características mencionadas anteriormente. La tabla 3.1 indica, además del número de viviendas, el porcentaje respecto al total de inmuebles de las tres delegaciones y el tamaño de la muestra visitadas por delegación partiendo de los porcentajes de la segunda columna. De esta población, se seleccionan al azar, para que la población a estudiar fuera representativa del universo de edificaciones, 150 edificaciones que se les realizarían inspecciones de banqueta para recabar información adicional de sus características sismorresistentes.

**Tabla 3.1** Edificaciones nuevas en las tres delegaciones seleccionadas

Delegación	Total	%	Visitadas
Cuauhtémoc	5,477	40.79	61
Benito Juárez	6,105	45.46	68
Venustiano Carranza	1,846	13.75	21
<b>Total</b>	<b>13,428</b>	<b>100.00</b>	<b>150</b>

### 3.1.6 Descripción de las inspecciones de banqueta

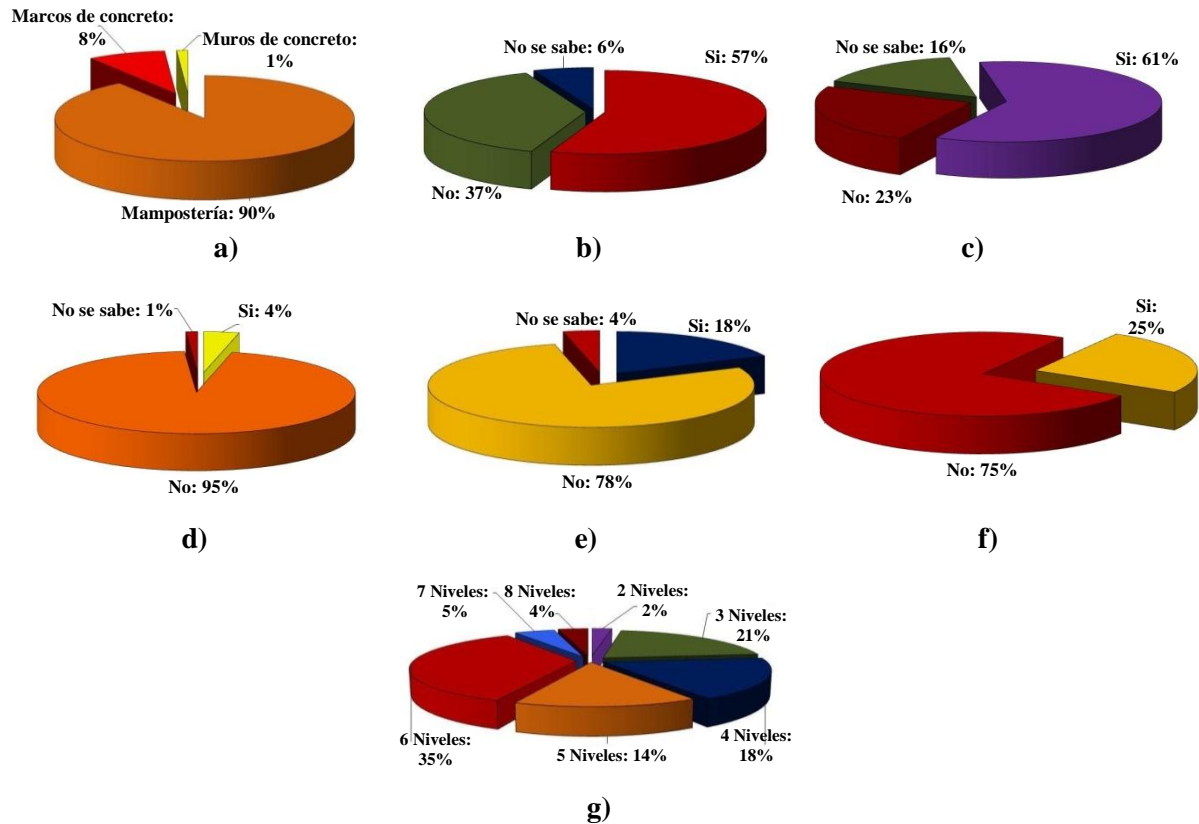
Los aspectos estructurales adicionales que se recopilieron, además del sistema estructural (mampostería, marcos de concreto y muros de concreto), son las que estadísticamente han provocado más fallas en estructuras, como las que se listan en tabla 3.2.

**Tabla 3.2** Inspecciones de banqueta

Aspectos por evaluar en inspección de banqueta	
Característica	Anotación
Sistema estructural	Muros de concreto, marcos de concreto, mampostería
Posibilidad de golpeteo	Si, No, No se sabe
Piso débil	Si, No, No se sabe
Irregularidad en elevación	Si, No, No se sabe
Columna corta	Si, No, No se sabe
Ubicación en esquina	Si, No

La figura 3.2 muestra los resultados en porcentajes de las características generales de las 150 edificaciones inspeccionadas. Se observa que en el 90% de la población consta de estructura construidas con mampostería (figura 3.2a); que más de la mitad (57%) tiene posibilidad de presentar golpeteo (figura 3.2b); en el 61% se observó piso débil (figura 3.2c), lo que indica que la práctica de construir con esta deficiencia estructural es cada vez más común en una ciudad ávida de espacio para estacionamiento y comercios; en general las estructuras no tienen irregularidades en elevación (figura 3.2d); que 18% representa columnas cortas (figura 3.2e); y que una cuarta parte presenta ubicación y configuración de edificio en esquina (figura 3.2f); y el número de niveles está entre dos y ocho pisos, predominando seis niveles, 35% (figura 3.2g).

Desafortunadamente no se cuentan con resultados documentados, de décadas anteriores, sobre algunas características sismorresistentes de las edificaciones. Sin embargo, los resultados obtenidos en estas inspecciones son alarmantes. Aunque se conozca que es desfavorable la presencia de piso débil para la distribución dinámica de rigideces, resulta claro que se construyen muchos edificios con plantas bajas débiles. El ambiente de la Ciudad de México está ahora determinado por un gran número de automóviles, de edificios, de fábricas o zonas industriales absorbidas por los asentamientos urbanos, restando pocos espacios. Es por ello que hay una fuerte tendencia arquitectónica en la configuración del piso débil para destinar espacios a estacionamientos, comercios y otros. Además, los edificios se construyen muy pegados entre sí (golpeteo), con columnas cortas y con configuraciones irregulares en planta.



**Figura 3.2** Estadísticas de aspectos estructurales recopilados: a) sistema estructural, b) posibilidad de golpeteo, c) presencia de piso débil, d) irregularidad en elevación, e) columnas cortas, f) configuración como edificio de esquina, y g) niveles.

### 3.1.7 Revisión de memorias de cálculo y planos estructurales

De la muestra de 150 edificios se seleccionan 20 edificios al azar para estudiarlos con más detalle. La nueva idea es hacer una revisión detallada de memorias de cálculo y planos estructurales. Los documentos a revisar fueron los que contaba cada una de las delegaciones en sus archivos.

Sin tener la memoria de cálculo no se puede hacer una revisión estructural, por la necesidad de verificar el procedimiento descrito de cómo se realizaron los cálculos que intervienen en el desarrollo de cada proyecto, determinar las secciones de los elementos estructurales, los criterios con los cuales fueron dimensionados todos y cada uno de ellos, cómo son las cargas vivas, las cargas muertas, los factores de seguridad, los factores sísmicos (en su caso), los factores de seguridad por viento (en su caso) y en general todos y cada uno de los cálculos para determinar la estructura.

En la Tabla 3.3 se presentan algunos datos de las 20 edificaciones de uso habitacional seleccionadas indicando si existen o no la memoria de cálculo y los planos. De esto se concluye que no es posible ni siquiera consultar con la autoridad, porque no existen, el 20% de las memorias y el 15% de los planos de los edificios construidos a partir del 2004. En la tabla no se indica el número de la dirección de cada estructura ya que el objetivo del trabajo no es señalar ningún caso en particular sino la problemática de las construcciones nuevas en la ciudad.

**Tabla 3.3** Estructuras seleccionadas para la revisión de memorias de cálculo y planos estructurales

Clave	Calle	Colonia	Niveles	Año	Memoria	Planos
<b>Delegación Benito Juárez</b>						
<b>BJ-11</b>	Adolfo Prieto	Del Valle Norte	6	2004	Si	Si
<b>BJ-12</b>	Adolfo Prieto	Del Valle Norte	6	2005	Si	Si
<b>BJ-13</b>	Concepción Beistegui	Del Valle Norte	6	2005	No	No
<b>BJ-27</b>	Adolfo Prieto	Del Valle Sur	3	2005	No	No
<b>BJ-34</b>	Nicolás San Juan	Del Valle Sur	6	2004	Si	Si
<b>BJ-43</b>	Anaxágoras	Narvarte Poniente	4	2005	Si	Si
<b>BJ-44</b>	Anaxágoras	Narvarte Poniente	6	2005	Si	Si
<b>BJ-54</b>	Pitágoras	Narvarte Poniente	6	2005	No	Si
<b>BJ-61</b>	Fresas	Tlacoquemécatl	6	2004	Si	Si
<b>Delegación Cuauhtémoc</b>						
<b>C-02</b>	Ámsterdam	Hipódromo	6	2006	Si	Si
<b>C-07</b>	Juan de la Barrera	Condesa	5	2004	Si	Si
<b>C-21</b>	Liverpool	Juárez	6	2005	Si	Si
<b>C-33</b>	Dr. Idefonso Velasco	Doctores	6	2004	Si	Si
<b>C-38</b>	Eje 2 Poniente Monterrey	Roma Sur	6	2005	Si	Si
<b>C-39</b>	Eje 3 Sur Baja California	Roma Sur	8	2005	No	No
<b>C-41</b>	Eje 3 Sur Baja California	Roma Sur	7	2004	Si	Si
<b>C-44</b>	Isabel la Católica	Obrera	6	2005	No	Si
<b>C-46</b>	Manuel José Othón	Obrera	5	2004	Si	Si
<b>Delegación Venustiano Carranza</b>						
<b>VC-04</b>	Calle 49	General Ignacio Zaragoza	5	2005	Si	Si
<b>VC-20</b>	Cuitláhuac	Lorenzo Boturini	7	2007	Si	Si

### 3.1.7.1 Revisión de las memorias de cálculo

Para la revisión del contenido de la memoria del proyecto estructural se establecen algunos puntos para analizar y justificar si se considera como documento aceptable y, además, del cumplimiento de las exigencias de seguridad estructural en el diseño sísmico de edificios:

- a) **Descripción del edificio.** Croquis de ubicación del inmueble, número de niveles, alguna referencia de zonificación sísmica, descripción de los espacios.
- b) **Estructuración.** Descripción de la composición estructural de los elementos principales que integran el edificio, altura de entrepiso.
- c) **Modelación:** Las simplificaciones efectuadas sobre el edificio para transformarlo en uno o varios modelos de cálculo, que se describirán detalladamente, indicando el tipo estructural adoptado para el conjunto y sus partes, las características de las secciones, tipo de conexiones y condiciones de sustentación.
- d) **Cargas:** Las acciones consideradas, las combinaciones efectuadas.
- e) **Parámetros sísmicos.** Los coeficientes y factores sísmicos utilizados.
- f) **La modalidad de análisis efectuado y los métodos de cálculo empleados.**
- g) **Análisis.** Los cálculos de análisis realizados con ordenador deberán anexarse en el documento explicando con precisión, la representación de los datos introducidos y el tipo de los resultados generados por el programa: periodos y modos de vibrar, cortante basal, distorsiones, entre otros.
- h) **Autografías del documento por parte del DRO y CSE.**

A continuación se describen los resultados de la revisión de las memorias de cálculo que existían de estas edificaciones (tabla 3.4):

- 1) **Descripción del edificio:** En el 54% la descripción del edificio es aceptable (su ubicación, zonificación sísmica), el 46% restante es una descripción pobre, no satisfactoria.

- 2) **Estructuración:** Solo el 23% de las memorias contienen una descripción aceptable (sistema estructural, piso débil, altura de entresijos, altura total). El 38.5% contiene una descripción parcial y el 38.5% una descripción no aceptable.
- 3) **Modelación:** El 100% de la descripción de los modelos es no satisfactoria. En algunos documentos se presentan modelos obtenidos mediante programas comerciales de análisis estructural, sin embargo, no se indican comentarios sobre los mismos.
- 4) **Cargas:** El 23% contiene una estimación detallada de cargas, mientras que para el 77% es no adecuada.
- 5) **Espectro de diseño:** En el 38.5% se conoce los parámetros del espectro de diseño (zona sísmica, coeficiente sísmico, factor de comportamiento sísmico), mientras que en otro 38.5% no. El restante 23% solo indica el coeficiente sísmico.
- 6) **Diseñador y DRO:** Solo en el 15% se puede identificar al diseñador y al DRO. Para el 62% sólo aparece el DRO y el restante 23% no se identifican a ninguno de los dos.
- 7) **Comportamiento de la estructura:** El 77% de las memorias de cálculo permiten determinar el comportamiento de la estructura; del 23% restante solo se puede determinar de forma parcial.
- 8) **Método de análisis:** Desafortunadamente no hay una descripción completa y sólo se tiene que el 15% corresponde a una descripción parcial (análisis modal espectral, interacción suelo-estructura).
- 9) **Periodos y modos de vibrar:** De los resultados de análisis presentados solo en el 38% se puede identificar el periodo fundamental, el 15% indican los periodos en ambas direcciones, el 8% corresponde a los periodos obtenidos en un modelo de masa concentrada.
- 10) **Cortante basal:** Sólo el 23% contiene el cortante basal, mientras que en el 77% no se indica este valor.
- 11) **Distorsión máxima de entresijo:** Solamente en el 8% de los documentos se puede identificar la distorsión máxima de entresijo.
- 12) **Diseño de algún elemento:** El 46% de los documentos cuentan con información sobre el diseño de elementos (tablas, hojas de cálculo).
- 13) **Croquis del elemento:** Sólo el 15% de los diseños terminan con un croquis del elemento, indicando refuerzos y dimensiones. Esta información es importante para verificar la información contenida en los planos estructurales. El 8% corresponde a información mostrada para unos casos aislados y el 77% restante no se indica nada.
- 14) **Aceptable:** Una evaluación general indica que solo el 8% de las memorias son aceptables. El resto es no aceptable.

### 3.1.7.2 Revisión de planos estructurales

Las tablas 3.5 y 3.6 presentan los resultados de la revisión de los planos estructurales de 16 de 20 inmuebles seleccionados y las observaciones obtenidas. De la tabla 3.5 se comenta lo siguiente: el 82% indica que los planos son consistentes entre ellos; el 24% indica que la información contenida en los planos coincide con lo presentado en las memorias de cálculo y el 6% que no, mientras que el 59% de los casos no es posible determinar la consistencia de la información entre la memoria y los planos; del 11% restante no se cuenta con la memoria de cálculo.



**Tabla 3.4** Resumen de la revisión de las memorias de cálculo (Simbología: ✓: Si, ✗: No, ±: Parcialmente)

Delegación		Venustiano Carranza		Benito Juárez						Cuauhtémoc				
Clave		VC-20	VC-04	BJ-11	BJ-12	BJ-34	BJ-43	BJ-44	BJ-61	C-02	C-21	C-38	C-41	C-46
La descripción del edificio, ¿es satisfactoria?	Descripción	±	✗	±	✗	✗	±	✓	✗	±	✓	✗	✗	✓
La descripción de la estructuración, ¿es satisfactoria?		±	✗	✗	✗	✗	✓	±	✗	✓	±	±	±	✓
La descripción de los modelos, ¿es satisfactoria?		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
El análisis de cargas, ¿es detallado?	Generales	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓
¿Se conoce el número de pisos?		✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
¿Se conoce la altura de entrepiso?		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗
¿Se conoce la configuración en planta del edificio (regularidad)?		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗
¿Se conoce la configuración en elevación del edificio (regularidad)?		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
¿Se conoce el coeficiente sísmico?		✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
¿Se conoce el espectro de diseño (ED)?		✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓
¿Se puede identificar al estructurista?	Análisis sísmico	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
¿Se puede identificar al DRO?		✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
¿Se describe el comportamiento deseado?		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
¿Se describe el método de análisis?		±	✗	✗	✗	✗	±	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Los resultados, ¿permiten determinar el comportamiento de la estructura?		±	✗	✗	✗	✗	±	✗	✗	✗	✗	±	✗	✗
¿Se puede identificar el periodo fundamental?	Resultados	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓
¿Se puede identificar modos de vibrar?		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Los resultados de elementos mecánicos, ¿son legibles y se puede identificar el elemento a que pertenecen?		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
¿Se conoce el cortante basal?		✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
¿Se conoce la distorsión máxima de entrepiso?		✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
¿Se conocen las combinaciones de carga?	Diseño	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
¿Se muestra detalladamente el diseño de algún elemento?		✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓
¿El diseño termina con un croquis del elemento, indicando refuerzos y dimensiones?		✗	±	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗
¿Es razonablemente aceptable la memoria?		±	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

**Tabla 3.5** Resumen de la revisión de los planos estructurales (Simbología: ✓: Si, ✗: No, ☒: No es posible determinar, ±: Parcialmente, SM: Sin Memoria)

Delegación		Venustiano Carranza		Benito Juárez						Cuauhtémoc							
Clave		VC-20	VC-04	BJ-11	BJ-12	BJ-34	BJ-43	BJ-44	BJ-54	BJ-61	C-02	C-16	C-21	C-38	C-41	C-44	C-46
¿Los planos son consistentes entre ellos?	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	SM	✓	✓	✓	✓	✓
¿Los planos son consistentes con la memoria de cálculo?	✗	☒	✓	✓	☒	☒	✓	SM	☒	✓	SM	☒	☒	☒	SM	☒	☒
¿La calidad de los dibujos es adecuada?	±	✗	±	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
La calidad de la información ¿es adecuada?	±	✗	±	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓

**Tabla 3.6** Comentarios de la revisión de los planos estructurales

Clave	Comentario General
<b>BJ-11</b>	Los planos del proyecto tienen buena información, pero confunde la existencia de dos versiones.
<b>BJ-12</b>	Hay muchos aspectos mostrados en las plantas que no se han resuelto.
<b>BJ-34</b>	La información es suficiente, aunque tiene unos errores menores.
<b>BJ-43</b>	A los planos les falta resolver algunos detalles.
<b>BJ-44</b>	Hace falta muchos detalles de armados de elementos principales
<b>BJ-54</b>	Los planos en general tienen buena calidad, pero hace falta detallar más refuerzos y configuraciones de elementos estructurales.
<b>BJ-61</b>	Hay algunas omisiones y errores menores en los detalles. Faltan cortes en algunos niveles.
<b>C-02</b>	Los planos en general tienen buena calidad, gran parte de las trabes corresponde con la memoria de cálculo.
<b>C-16</b>	La calidad de los planos es buena, aunque tiene unos errores menores. Hace falta memoria del cálculo para verificar la información de los planos.
<b>C-21</b>	Los planos en general tienen buena calidad, aunque tiene unos errores menores. Hace falta el plano de estructuración de azotea y sus detalles.
<b>C-38</b>	La información es suficiente, aunque falta resolver algunos detalles.
<b>C-41</b>	La información es buena, pero algunos datos no corresponden con la memoria de cálculo.
<b>C-44</b>	La calidad de los planos es buena. Hacen falta mostrar unos detalles. Por falta de la memoria de cálculo, no se puede juzgar la información contenida en los planos.
<b>C-46</b>	Hacen falta planos en este proyecto.
<b>VC-20</b>	Los planos no corresponden con la memoria de cálculo.
<b>VC-04</b>	Planos muy deficientes.

### 3.1.8 Cálculos aproximados para verificar planos y dimensiones de los edificios

Para contar con más elementos de evaluación de los inmuebles seleccionados se realiza un análisis estructural tridimensional con el programa de análisis estructural EcogW. La revisión de los edificios se realiza para los dos estados límite que propone el RCDF-04, es decir, el estado límite de servicio (desplazamientos y vibraciones) y estado límite último (resistencia).

#### Estado límite de servicio

Como estados límite de servicio se considerará a la distorsión máxima de entrepiso  $\gamma$ : 0.006 para sistema lateral resistente principal a través de muros de mampostería y  $\gamma$ : 0.012 para sistema resistente con marcos rígidos de concreto reforzado.

#### Estado límite último

Como estados límite último se evaluará la capacidad a carga axial y lateral de los muros de mampostería, la valoración de la capacidad a flexocompresión y fuerza cortante de las columnas y la resistencia a flexión de las trabes.

#### Revisión edificio BJ-11

Este edificio cuenta con sus respectivos planos estructurales y la información contenida en ellos fue suficiente para construir el modelo del edificio y hacer el análisis correspondiente. Además, fue inspeccionado con autorización previa para entrar y analizar con más detalle, lo que permitió corroborar la fidelidad de la información plasmada en los planos estructurales. Cabe mencionar que tan solo tres de los veinte (15%) contestan a una carta dirigida a cada administrador de los edificios donde se explicaban los alcances del estudio y se solicitaba una inspección al interior del edificio. Esto es una muestra del poco interés y participación que la población tiene en la evaluación y cuantificación del riesgo sísmico, a pesar de que no se busca en señalar los culpables, ni juzgar el trabajo del DRO ni del CSE, simplemente se parte de la información con la que cuenta la autoridad (completa e insuficiente) y a partir de ésta revisar la seguridad de la estructura.

La tabla 3.7 muestra los aspectos estructurales recopilados durante la inspección de banqueta del edificio BJ-11 y en la figura 3.3 algunas fotos de la inspección interna y externa del edificio.

**Tabla 3.7** Inspección de banqueta del edificio BJ-11

Clave	BJ-11		
Dirección	Adolfo Prieto		
Sistema estructural	Mampostería		
Posibilidad de golpeteo	No		
Números de pisos	6		
Piso débil	Si		
Irregularidad en elevación	No		
Columnas cortas	No		
Esquina	Si		



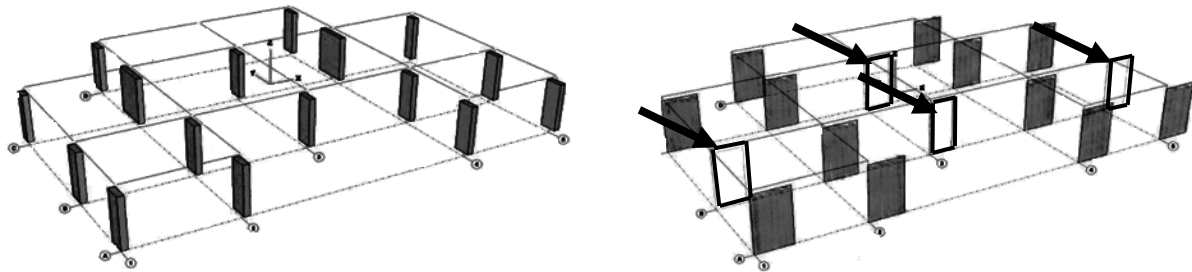
a) b) c) d)

**Figura 3.3** Inspecciones internas y externas: a) separación entre edificios adyacentes, b) juntas sísmicas (sótano), c) juntas sísmicas (sótano), y d) columnas y traveses (planta baja)

La figura 3.4 muestra las distorsiones de entrepiso que se tienen entre la planta baja y el primer nivel del inmueble. Las distorsiones se presentan de manera uniforme en todas las columnas en la dirección X (longitudinal del edificio) y su valor es de  $\gamma = 0.009$ , que es menor al especificado en el reglamento vigente,  $\gamma_{\text{máx}} = 0.012$ . En la dirección Y (transversal) las distorsiones de entrepiso alcanzan  $\gamma = 0.003$ , valores mucho menores a la distorsión permitida. Con estos resultados se concluye que el edificio cumple con el estado límite de servicio.

Al revisar las resistencias de los elementos estructurales se encontró que las traveses del primer nivel deben tener porcentajes de  $\rho = 0.01$  en las secciones críticas, condición que entra dentro de los porcentajes de acero de refuerzo permitido por las NTC-Concreto-04. Sin embargo, la evaluación de las resistencias de las columnas arroja que 12 de las 16 columnas de planta baja sufrirían un deterioro importante ante el evento sísmico de diseño, debido a los grandes efectos de esbeltez que presentan las columnas en la dirección longitudinal. La figura 3.4b muestra en gris oscuro los elementos columna críticos en planta baja, mientras que las indicadas con una flecha si tienen la capacidad para resistir las acciones a las que se verán sometido de acuerdo con la norma. En consecuencia, este edificio no cumple con el estado límite último (esta conclusión no pretende evaluar de manera contundente a la

estructura que fue seleccionada de un universo al azar, y no puede tomarse como definitiva puesto que está basada en la información con la que cuentan las autoridades que como se ha indicado puede ser solo preliminar y estar incompleta).



**Figura 3.4** a) Distorsión de entrespacio PB-primer nivel y b) resistencia de columnas en planta baja

De manera similar, se analizan las 12 edificaciones de las que se contaba con información sobre la geometría y planos del edificio (Ver tabla 3.9). Los resultados de los estados límite de servicio indican que el 75% de los edificios estudiados lo cumplen, mientras que para el estado último sólo el 33% de los edificios los satisfacen. Los edificios que no cumplen con el estado límite de servicio podrían tener un mal comportamiento ante sismos de baja intensidad que supuestamente no deberían causar daños a las estructuras ni sus contenidos. En las visitas internas se encontraron algunos defectos como grietas en acabados y elementos estructurales lo cual podría agravar el comportamiento de estos elementos.

**Tabla 3.9** Revisión Estado límite de servicio y último (Simbología: ✓: Si, ✗: No, ----: Sin Memoria)

Clave	Calle	Estado límite de servicio	Estado límite de falla
<b>Delegación Benito Juárez</b>			
BJ-11	Adolfo Prieto	✓	✗
BJ-12	Adolfo Prieto	✓	✗
BJ-27	Adolfo Prieto	----	----
BJ-13	concepción Beistegui	----	----
BJ-34	Nicolás San Juan	----	----
BJ-43	Anaxágoras	✓	✓
BJ-44	Anaxágoras	✓	✗
BJ-54	Pitágoras	✓	✗
BJ-61	Fresas	----	----
<b>Delegación Cuauhtémoc</b>			
C-02	Ámsterdam	✓	✗
C-07	Juan de la Barrera	----	----
C-21	Liverpool	✓	✓
C-33	Dr. Idelfonso Velasco	----	----
C-38	Eje 2 Poniente Monterrey	✓	✓
C-39	Eje 3 sur Baja California 147	----	----
C-41	Eje 3 sur Baja California 132	✗	✗
C-44	Isabel la católica	----	----
C-46	Manuel José Othón	✓	✗
<b>Delegación Venustiano Carranza</b>			
VC-04	Calle 49	✗	✓
VC-20	Cuitlahuac	✗	✗

## 3.2 Estudio de la observancia: Fase II

### 3.2.1 Descripción

Esta segunda fase del estudio tiene como objetivo verificar que la información proporcionada por la Directores Responsable de Obra y/o Corresponsables en Seguridad Estructural sea con la que se realizó la construcción de los edificios. Recordemos que en la primera fase, la documentación para algunos de los edificios seleccionados se consiguió a través de la Delegación, incompleta e insuficiente, que tenía en sus archivos.

Al igual que en la Fase I, se trabajó con la revisión de memorias de cálculo y planos estructurales que se consideraron como definitivos. Esta información permitió hacer comparaciones.

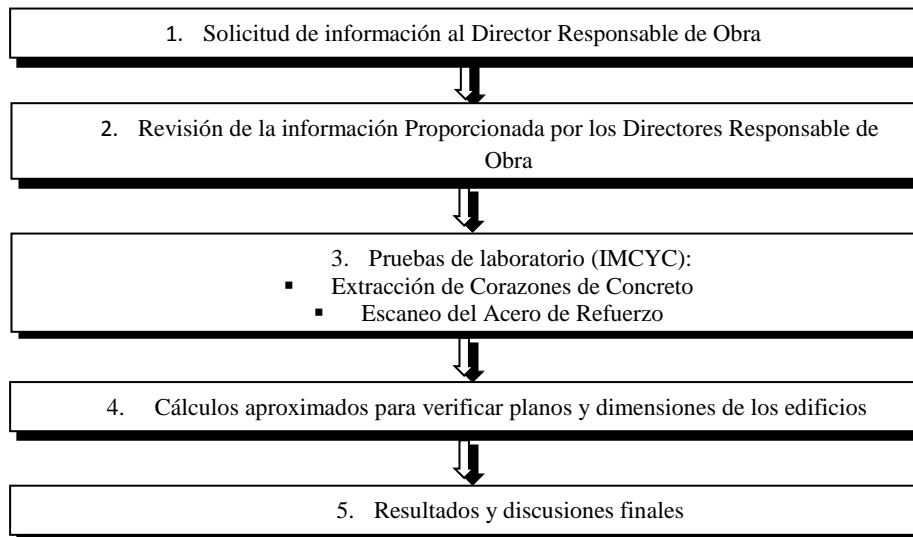
### 3.2.2 Muestra

– **Muestra:** Un total de 20 edificaciones seleccionadas en la Fase I.

### 3.2.3 Acciones

- Recopilación de datos del DRO y/o CSE para tener contacto con ellos y así poder enviar solicitud para que pudieran proporcionar la información del proyecto estructural de la obra supervisada.
- Revisión y comparación con detalle el contenido de las memorias de cálculo y de los planos estructurales de ambas fases de estudio.
- Por las diferencias encontradas en las propiedades geométricas y otras características, se repiten los análisis y modelaje de los edificios para revisión de estados límite de servicio y último.
- Se realizan pruebas de laboratorio: extracción de corazones de concreto y escaneo del acero de refuerzo.
- Se propone una metodología para hacer evaluaciones pre-sísmica de estructuras existentes.
- Finalmente se establecieron conclusiones y se presentaron sugerencias.

En la figura 3.7 se muestra el flujograma del procedimiento del estudio de la Fase II.



**Figura 3.7** Flujograma del procedimiento del estudio de la Observancia Fase II

A continuación se describe cada uno de ellos.

### 3.2.4 Solicitud de información al Director Responsable de Obra

El reglamento establece que el Director Responsable de Obra tiene la obligación de entregar al propietario o poseedor, una vez concluida la obra, los planos actualizados y registrados del proyecto completo en original, el libro de bitácora, memorias de cálculo y conservar un juego de copias de estos documentos (RCDF, Art. 35, fracción VII). Por tanto, para poder contar con información completa y veraz para fines estadísticos de las características técnicas de las construcciones, se solicita la colaboración de los Directores Responsables de Obra y Corresponsables de seguridad Estructural para que faciliten los documentos técnicos (memorias y planos estructurales) que se usaron definitivamente en la obra.

Para conseguir los datos personales de los Directores Responsables de Obra y Corresponsables, se emite carta de solicitud de información a las Delegaciones en el área Dirección General de Obras y Desarrollo Urbano. No se pretende mostrar los datos personales del DRO y CSE, sin embargo, la tabla 3.10 relaciona la respuesta de las correspondencias entregadas. El dato más importante era el del DRO, pero desafortunadamente para dos edificios, BJ-27 y C-44, no se obtuvo datos ni siquiera del CSE.

Una vez conseguido los datos del DRO, se envía una carta de solicitud de copia de los planos y memorias de cálculo estructural finales. La tabla 3.11 relaciona los documentos que proporciona el DRO. Se observa que no fue posible conseguir toda la información relativa a memorias y planos estructurales, sino para 8 edificios, es decir, tan solo el 40% del total de la muestra de 20; en el 30% no hubo respuesta de las solicitudes hecha al DRO. Se comenta que se recibieron copia de planos arquitectónicos, de instalaciones (eléctrica, pluvial, hidráulica y sanitaria), información no necesaria para efectos del estudio.

**Tabla 3.10** Respuesta de solicitud datos DRO y CSE. (Simbología: ✓: Si, ✗: Sin respuesta)

Clave	Calle	DRO	CSE
<b>Delegación Benito Juárez</b>			
BJ-11	Adolfo Prieto	✓	✗
BJ-12	Adolfo Prieto	✓	✗
BJ-27	Concepción Beistegui	✗	✗
BJ-13	Adolfo Prieto	✓	✗
BJ-34	Nicolás San Juan	✓	✗
BJ-43	Anaxágoras	✓	✗
BJ-44	Anaxágoras	✓	✗
BJ-54	Pitágoras	✓	✗
BJ-61	Fresas	✓	✗
<b>Delegación Cuauhtémoc</b>			
C-02	Ámsterdam	✓	✓
C-07	Juan de la Barrera	✓	✗
C-21	Liverpool	✓	✓
C-33	Dr. Ildefonso Velasco	✓	✓
C-38	Eje 2 Poniente Monterrey	✓	✗
C-39	Eje 3 Sur Baja California	✓	✓
C-41	Eje 3 Sur Baja California	✓	✓
C-44	Isabel la Católica	✗	✗
C-46	Manuel José Othón	✓	✗
<b>Delegación Venustiano Carranza</b>			
VC-04	Calle 49	✓	✗
VC-20	Cuitláhuac	✓	✓

**Tabla 3.11** Memorias de cálculo y planos estructurales proporcionadas por DRO en Fase II  
(Simbología: ✓: Si, ✗: No)

Clave	Calle	Memoria de cálculo	Planos estructurales
<b>Delegación Benito Juárez</b>			
BJ-11	Adolfo prieto*	✗	✗
BJ-12	Adolfo prieto	✓	✓
BJ-27	Adolfo prieto*	✗	✗
BJ-13	Concepción Beistegui**	✗	✗
BJ-34	Nicolás San Juan***	✗	✗
BJ-43	Anaxágoras <sup>+</sup>	✓	✓
BJ-44	Anaxágoras	✓	✓
BJ-54	Pitágoras**	✗	✗
BJ-61	Fresas***	✗	✗
<b>Delegación Cuauhtémoc</b>			
C-02	Ámsterdam	✓	✓
C-07	Juan de la Barrera <sup>++</sup>	✗	✗
C-21	Liverpool	✓	✓
C-33	Dr. Idelfonso Velasco**	✗	✗
C-38	Eje 2 Poniente Monterrey	✓	✓
C-39	Eje 3 Sur Baja California	✓	✓
C-41	Eje 3 Sur Baja California**	✗	✗
C-44	Isabel la Católica*	✗	✗
C-46	Manuel José Othón**	✗	✗
<b>Delegación Venustiano Carranza</b>			
VC-04	Calle 49	✓	✓
VC-20	Cuitlahuac**	✗	✗

(\*) DRO no identificado

(\*\*) Sin respuesta a la solicitud por parte del DRO.

(\*\*\*) El DRO no proporciona información, la posee el dueño. Aquí es un caso donde no se cumple el Art. 35, fracción VII, que establece que el DRO debe conservar un juego de copias del proyecto final.

(+ ) Misma información que Fase I, según respuesta del DRO.

(++) DRO retirado de ejercer su profesión

### 3.2.5 Revisión de la información Proporcionada por los Directores Responsable de Obra

Anteriormente se mencionó que tan sólo el 40% de la muestra de 20 edificaciones se pudo conseguir información de los documentos técnicos. Por lo tanto, en lo que sigue, sólo se mostrara la revisión para 8 edificios.

#### 3.2.5.1 Revisión de las memorias de cálculo

Para la revisión de estos documentos, se toman los mismos puntos presentado en la Fase I, sección 3.1.7.1.

Las tablas 3.12 y 3.13 resumen la revisión de las memorias de cálculo que existían para las 8 edificaciones y los comentarios de la comparación de la revisión de las dos fases de estudio. Se observa que las diferencias no son significativas y esto nos da a entender que tales documentos técnicos no presentan actualizaciones, cambios ni alteraciones y, por tanto, es casi la misma información entregada a la delegación. Por último, lamentablemente no existe un registro completo de la información de las memorias de cálculo.

**Tabla 3.12** Revisión de las memorias de cálculo, Fase II (Simbología.: ✓ Si, ✗ No, ± Parcialmente)

Delegación		Venustiano Carranza	Benito Juárez			Cuauhtémoc			
Clave		VC-04	BJ-12	BJ-43	BJ-44	C-02	C-21	C-38	C-39
La descripción del edificio, ¿es satisfactoria?	Descripción	✗	✗	±	✓	±	✓	✗	✓
La descripción de la estructuración, ¿es satisfactoria?		✗	✗	✓	✓	✓	±	±	✓
La descripción de los modelos, ¿es satisfactoria?		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
El análisis de cargas, ¿es detallado?	Generales	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓
¿Se conoce el número de pisos?		✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓
¿Se conoce la altura de entrepiso?		✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
¿Se conoce la configuración en planta del edificio (regularidad)?		✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓
¿Se conoce la configuración en elevación del edificio (regularidad)?		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
¿Se conoce el coeficiente sísmico?		✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓
¿Se conoce el espectro de diseño (ED)?		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	±
¿Se puede identificar al estructurista?	Análisis sísmico	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
¿Se puede identificar al DRO?		✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
¿Se describe el comportamiento deseado?		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
¿Se describe el método de análisis?		✗	✗	±	✗	✗	✗	✗	✓
Los resultados, ¿permiten determinar el comportamiento de la estructura?		Resultados	✗	✗	±	✗	✗	✗	±
¿Se puede identificar el periodo fundamental?	✗		✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓
¿Se puede identificar modos de vibrar?	✗		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
Los resultados de elementos mecánicos, ¿son legibles y se puede identificar el elemento a que pertenecen?	✗		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
¿Se conoce el cortante basal?	✗		✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗
¿Se conoce la distorsión máxima de entrepiso?	✗		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
¿Se conocen las combinaciones de carga?	Diseño	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
¿Se muestra detalladamente el diseño de algún elemento?		✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗
¿El diseño termina con un croquis del elemento, indicando refuerzos y dimensiones?		±	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗
¿Es razonablemente aceptable la memoria?		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

**Tabla 3.13** Comentarios de la revisión de memorias de cálculo, Fase I y Fase II

Clave	Comentario
<b>Delegación Benito Juárez</b>	
<b>BJ-12</b>	Es una memoria de cálculo con escritura manual. Su contenido es el mismo al de la Fase I. Se tienen los mismos análisis que tabla 3.5.
<b>BJ-43</b>	El DRO informa que la información entregada a la delegación es la misma (Fase I), por tanto, se tienen los mismos análisis que la tabla 3.5.
<b>BJ-44</b>	Se recibe documento digital que consta tan sólo de 6 páginas. Sólo se observa mejor detalle en la descripción del edificio, estructuración y del análisis de cargas.
<b>Delegación Cuauhtémoc</b>	
<b>C-02</b>	Se obtiene copia del documento. Idéntico al de la Fase I. Se tienen los mismos análisis que tabla 3.5.
<b>C-21</b>	Se obtiene copia del documento. Idéntico al de la Fase I. Se tienen los mismos análisis que tabla 3.5. Se recibe documento digital que consta de 127 páginas. Después de una revisión sólo se encontraron las siguientes diferencias:
<b>C-38</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modelación: A diferencia de la fase I, donde la memoria de cálculo es en su totalidad la impresión de resultados del programa de análisis ECOgc, en el documento de la Fase II se presenta el modelo tridimensional, pero carece de una descripción.</li> <li>▪ Configuración: Se indica que el edificio es irregular, se presentan esquemas de la configuración que permiten visualizar el grado de irregularidad en planta.</li> </ul>
<b>C-39</b>	En la Fase I no se revisó el contenido de la memoria. En la tabla 3.7, última columna, se agrega la revisión de este edificio.
<b>Delegación Venustiano Carranza</b>	
<b>VC-04</b>	Se obtiene copia del documento. Idéntico al de la Fase I. Se tienen los mismos análisis que tabla 3.5.



### 3.2.5.2 Revisión de planos estructurales

Las tablas 3.14 y 3.15 presentan el resumen de la revisión de los planos estructurales de los 8 inmuebles y los comentarios de la comparación con la información proporcionada por la Delegación. Como es de verse, la información proporcionada por el DRO contiene información más clara, mejor detalle sobre la información de las propiedades geométricas y estructural (se identifican claramente la ubicación de muros de mampostería que no se podían distinguir en el archivo fotográfico). Solamente son dos los edificios, BJ-44 y C-38, los que presentan estas observaciones ya comentadas.

**Tabla 3.14** Revisión de los planos estructurales (Simbología: ✓: Si, ✗: No, ☒: No es posible determinar, SM: Sin Memoria)

Delegación	Venustiano Carranza	Benito Juárez			Cauhtémoc			
	Clave	VC-04	BJ-12	BJ-43	BJ-44	C-02	C-21	C-38
¿Los planos son consistentes entre ellos?	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
¿Los planos son consistentes con la memoria de cálculo?	☒	☒	☒	✓	☒	☒	☒	☒
¿La calidad de los dibujos es adecuada?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
La calidad de la información ¿es adecuada?	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓

**Tabla 3.15.** Comentarios de la revisión de los planos estructurales, Fase I y Fase II

Clave	Comentario
<b>Delegación Benito Juárez</b>	
<b>BJ-12</b>	Se consigue archivo digital de los planos: E-01 y E-04. Hace falta el E-02 y E-03 para poder evaluar si son consistentes entre ellos. La información es mucho más clara pudiéndose apreciar las propiedades geométricas en trabes, la ubicación de muros de mampostería confinada. En la Fase I se consiguió archivos de fotografía digital, información difícil de distinguir por la resolución de las mismas.
<b>BJ-43</b>	El DRO informa que la información entregada a la delegación es la misma (Fase I), por tanto, se tienen los mismos análisis que la tabla 3.6. La información consiste de un archivo de fotografías, información difícil de distinguir por la resolución de las mismas.
<b>BJ-44</b>	Se consigue archivo digital de los planos: E-01 al E-04. Contiene más información cada uno de los planos a comparación con la información de la Fase inicial, sin embargo, siguen siendo insuficientes para mostrar detalles del diseño de la estructura. Se tienen los mismos resultados que la tabla 3.6. En la Fase I se consiguió archivos de fotografía digital, información difícil de distinguir por la resolución de las mismas.
<b>Delegación Cauhtémoc</b>	
<b>C-02</b>	Se consigue copia de los planos estructurales, información que coincide con la proporcionada por la Delegación. Se tienen resultados similares que la tabla 3.6. No es posible determinar la consistencia entre los planos y la memoria de cálculo. Se identifica la presencia de contraviento en la memoria, información no indicada en los planos.
<b>C-21</b>	Se consigue archivo digital de los planos. Idéntico al de la Fase I (copias). Se tienen los mismos análisis que tabla 3.6.
<b>C-38</b>	Se consigue archivo digital de los planos. Idéntico al de la Fase I (copias). Se tienen los mismos análisis que tabla 3.6. Los planos de este proyecto son de buena calidad y tiene información suficiente para el armado de los elementos principales. No hay una forma de verificar que los detalles de refuerzo de las trabes y muros de concreto corresponden con lo indicado en la memoria de cálculo, ya que no se presentan cálculos en el documento.
<b>C-39</b>	En la Fase I no se revisó el contenido de los planos. En la tabla 3.9, última columna, se agrega la revisión de este edificio.
<b>Delegación Venustiano Carranza</b>	
<b>VC-04</b>	Se obtiene copia de los planos. Las propiedades geométricas de las secciones y demás características plasmadas en los planos son iguales a los estudiados en la fase I.

De la revisión de los documentos se comenta que de las memorias de cálculo su contenido es casi la misma, pero con respecto a los planos estructurales si existen algunas variaciones. Este hecho explica que debe existir un control de las actualizaciones y alteraciones de la construcción final, pero desafortunadamente no los hay. Estas modificaciones suceden cuando el propietario sugiere algunos

cambios al proyecto ejecutivo o el mismo contratista hace modificaciones en los procedimientos de construcción o por el criterio y experiencia del encargado de la supervisión de la obra. Si las memorias de cálculo presentan información que permite determinar el comportamiento de la estructura ¿por qué no se presenta información actualizada del comportamiento estructural cuando ya se disponía de cambios en los planos estructurales finales?

### 3.2.6 Pruebas de laboratorio

El buen o mal comportamiento de una edificación es función directa de su resistencia, la cual, para fines de este estudio es la resistencia a la compresión del concreto. Así mismo dicha resistencia se asocia al módulo de elasticidad, el cual es utilizado por los ingenieros calculistas en diseños estructurales en los cuales se deben estimar las derivas y las deflexiones a que puede estar sometida una construcción. Para la obtención de esta resistencia existen varios métodos de ensayo, dentro los cuales se encuentran los ensayos no destructivos como el martillo de rebote (esclerómetro) y los destructivos como la prueba de penetración y la extracción de núcleos de concreto endurecidos, siendo éste último uno de los más usados y confiables, debido a que las muestras son más representativas en cuanto a tamaño y profundidad, además de estar más cercano a la realidad, sin embargo el inconveniente radica en el daño que le hace a la estructura que aunque es muy poco se sabe que existe.

Con la confiabilidad del último método de ensayo, se realizó la extracción de corazones de concreto por personal especializado del Instituto Mexicano del Concreto y del Cemento A.C. siguiendo las más estrictas recomendaciones, procedimientos y cuidados para realizar cada una de ellas. Con esto se verificaría si el concreto cumple con lo establecido en los documentos técnicos y/o planos estructurales. Además de la verificación de la resistencia del concreto, se verifica el detallado de refuerzo mediante el escaneo del acero de refuerzo existente en obra. A diferencia de la pruebas de extracción de núcleos, la realización de esta prueba no daña a la estructura.

#### 3.2.6.1 Edificios para pruebas físicas

Para realizar estas pruebas, primero se solicita autorización a los dueños y/o administradores de los edificios a través de un escrito. Solamente se recibe autorización en ocho edificios de un total de veinte y se asume que en los restantes se negaban los permisos para realizar la revisión y pruebas. De estos ocho edificios, en uno de ellos no es posible realizar la extracción de núcleos de concreto y el escaneo de elementos con refuerzo estructural por contar con estructuración a base de muros de mampostería. Por lo tanto, los edificios para realizar pruebas de campo son los siguientes:

1. Adolfo Prieto (**BJ-11**)
2. Nicolás San Juan (**BJ-34**)
3. Pitágoras (**BJ-54**)
4. Juan de la Barrera (**C-07**)
5. Liverpool (**C-21**)
6. Eje 2 Poniente Monterrey (**C-38**)
7. Eje 3 Sur Baja California (**C-41**)

Revisando la tabla 3.11 se observa que en tan sólo dos edificios, Liverpool y Eje 2 Poniente Monterrey, cuentan con la información proporcionada por el DRO. Para efectos de revisión y verificación, los edificios restantes se verifican con la información conseguida en la primera fase de estudio.

### 3.2.6.2 Extracción de corazones de concreto endurecido

La Norma Mexicana NMX-C-169-1997-ONNCCE, Industria de la construcción-concreto-obtención y ensayo de corazones y vigas extraídas de concreto endurecido, establece el procedimiento para la obtención, preparación y prueba de corazones (núcleos) extraídos de concreto endurecido, para la determinación de espesores, resistencia a la compresión simple, resistencia a la tensión por compresión diametral; y de vigas cortadas en concreto endurecido, para determinar la resistencia a la tensión por flexión.

Para fines prácticos de este estudio, se determinan la resistencia del concreto a la compresión,  $f'_c$ , y el módulo de elasticidad, E. Las pruebas se realizaron de la siguiente manera:

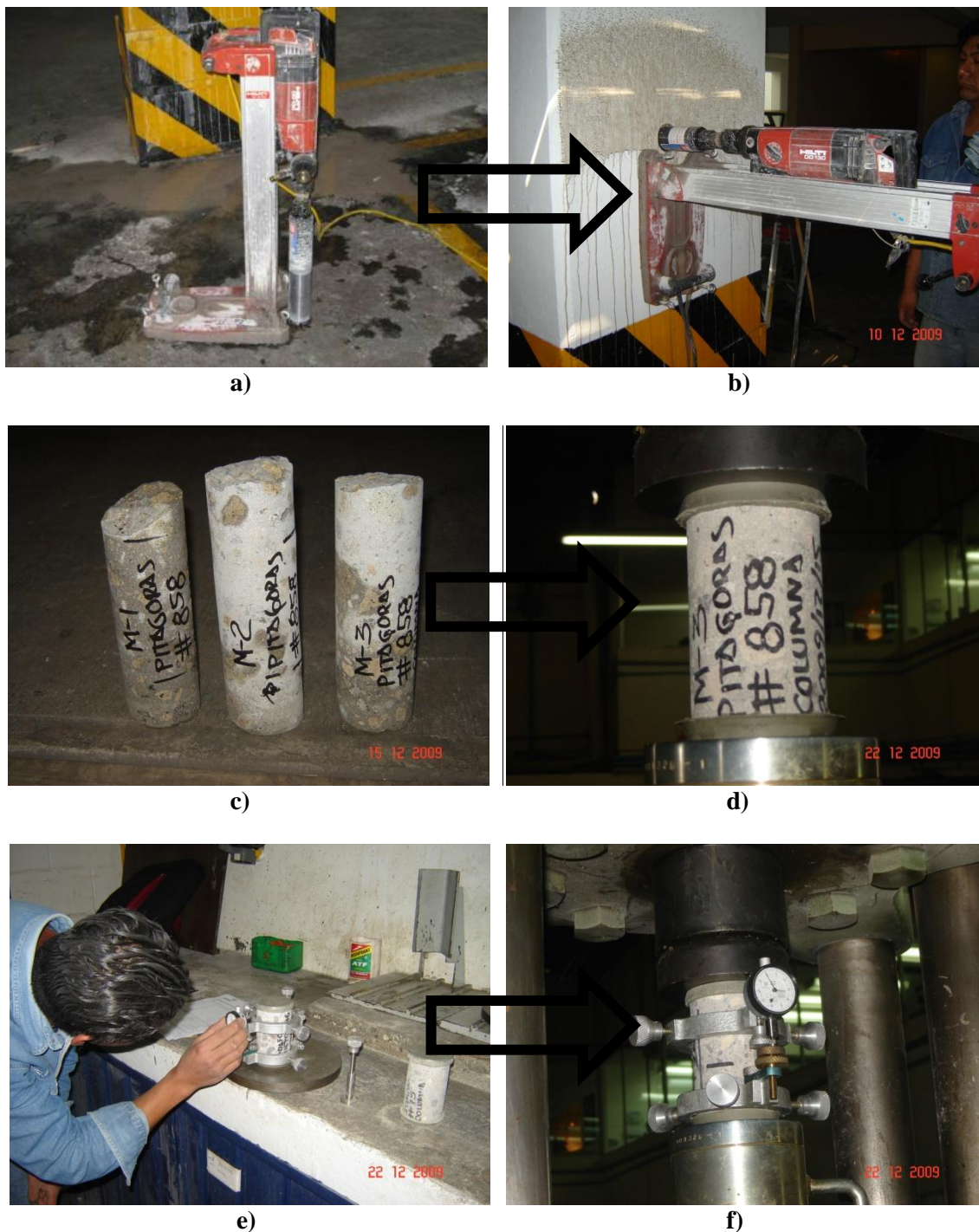
- Por medio de un taladro con broca cilíndrica de pared delgada y corona de diamante, carburo de silíceo o algún material similar y que tenga sistema de enfriamiento se extrae un núcleo de concreto, llamado corazón, ver figura 3.8a.
- con el fin de no dañar el acero de refuerzo durante el desarrollo de las extracciones, se estimó su ubicación cualitativa con el uso del pachómetro.
- El corazón se tomó perpendicularmente a la superficie, cerca del centro y alejado de las aristas o juntas del colado, ver figura 3.8b.
- El corazón no debe contener acero pues puede alterar la eficacia de la prueba, ver figura 3.8c.
- El diámetro de los corazones no debe ser menor a 3 veces el tamaño del agregado grueso del concreto que se analiza.
- La prueba de resistencia a la compresión aplicada a estos corazones se realizó bajo las circunstancias y procedimientos especificados en la norma mexicana NMX-C-83-ONNCCE. Se ensayaron los especímenes después de estar 7 días en condiciones de humedad controladas. Durante la prueba cada núcleo estuvo sujeto a una carga uni-axial para evaluar los esfuerzos de compresión, mismos que fueron corregidos por un factor en función de su esbeltez. Ver figura 3.8d.
- La prueba para determinar el módulo de elasticidad, E, se realizó conforme al NMX C-128-1997-ONNCCE. A los especímenes se les fijaron rígidamente dos anillos y un micrómetro como se muestra en la figura 3.8e. Uno de los anillos se fija rígidamente al espécimen y el otro se fija en dos puntos diametralmente opuestos para que tenga libertad de oscilar entre dichos puntos. Una vez colocado el sistema descrito se procedió a la toma de lectura de los niveles de deformaciones asociados a los niveles de carga axial que se van aplicando (figura 3.8f.). Adicionalmente cada uno de los especímenes a ensayar fue pesado y considerando su volumen fue posible estimar su peso volumétrico,  $\gamma$ .
- Al finalizar las pruebas de campo, se repararon las zonas de extracción con el empleo de grava caliza y de material cementicio de baja contracción de la marca Fester para la reparación (figura 3.9).

### 3.2.6.3 Resistencia a la compresión del concreto endurecido

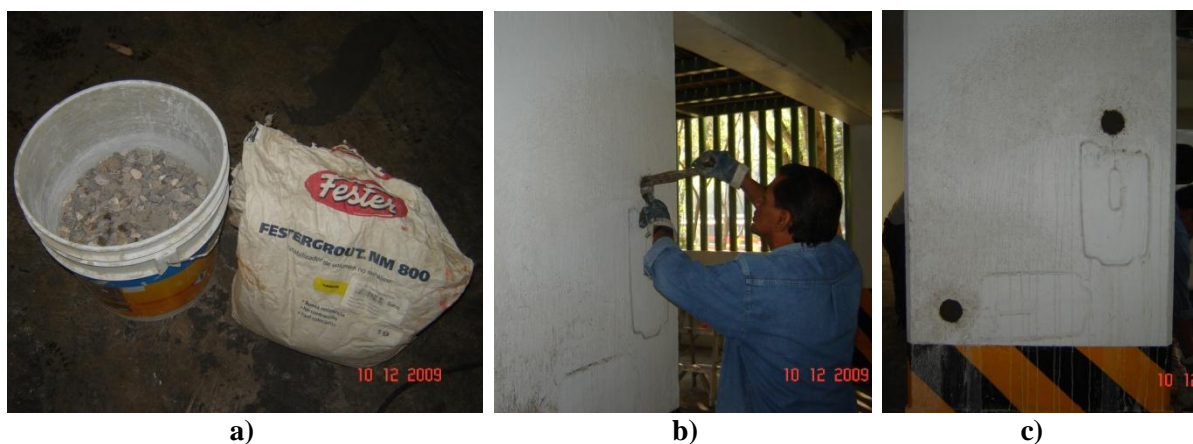
Los criterios de evaluación para la resistencia del concreto endurecido a la compresión se indican en la tabla 3.16. Se prueban tres corazones por cada edificio

**Tabla 3.16** Criterios de evaluación para la resistencia del concreto a la compresión

Criterio	Concreto clase 1	Concreto clase 2
Criterio 1	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \geq 0.85 f'_{c_{proyecto}}$ , con $n = 3$	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \geq 0.80 f'_{c_{proyecto}}$ , con $n = 3$
Criterio 2	$f'_{c_{laboratorio}} \geq f'_{c_{proyecto}}$	$f'_{c_{laboratorio}} \geq f'_{c_{proyecto}}$



**Figura 3.8** Extracciones de núcleo o corazón de concreto: a) equipo utilizado para la extracción de un núcleo o corazón de concreto, b) extracción de corazones perpendicularmente a la superficie de la columna, c) especímenes sin acero de refuerzo extraídos en campo, d) ensaye para la estimación de la resistencia del concreto a la compresión, e) colocación de anillos y micrómetro en especímenes extraídos en campo, y f) ensaye para la estimación del módulo de elasticidad.



**Figura 3.9** Reparación de extracciones: a) empleo de grava caliza y de material cementicio de baja contracción de la marca Fester para la reparación, b) proceso de reparación en columna edificio BJ-11 y c) reparación finalizada en columna

### 3.2.6.4 Propiedades del concreto estructural

La tabla 3.17 muestra los valores límite de las propiedades del concreto, clase 1 y clase 2, para fines estructurales. Con estos valores se clasifica el tipo de concreto obtenido en pruebas de laboratorio y lo plasmado en los planos estructurales.

**Tabla 3.17** Valores límite de las propiedades del concreto estructural, NTC-Concreto, 2004

Propiedad	Concreto clase 1	Concreto clase 2
Resistencia a la compresión, $f'c$	$f'c \geq 250 \text{ kg/cm}^2$	$f'c \geq 200 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de Elasticidad, E	Agregado Calizo: $E \geq 14,000 \sqrt{f'c}$	$E \geq 8,000 \sqrt{f'c}$
	Agregado No Calizo: $E \geq 11,000 \sqrt{f'c}$	
Peso volumétrico, $\gamma$	$\gamma \geq 2,200 \text{ kg/m}^3$	$1,900 \text{ kg/m}^3 \geq \gamma < 2,200 \text{ kg/m}^3$

### 3.2.6.5 Resultados de las pruebas de corazones extraídos de concreto

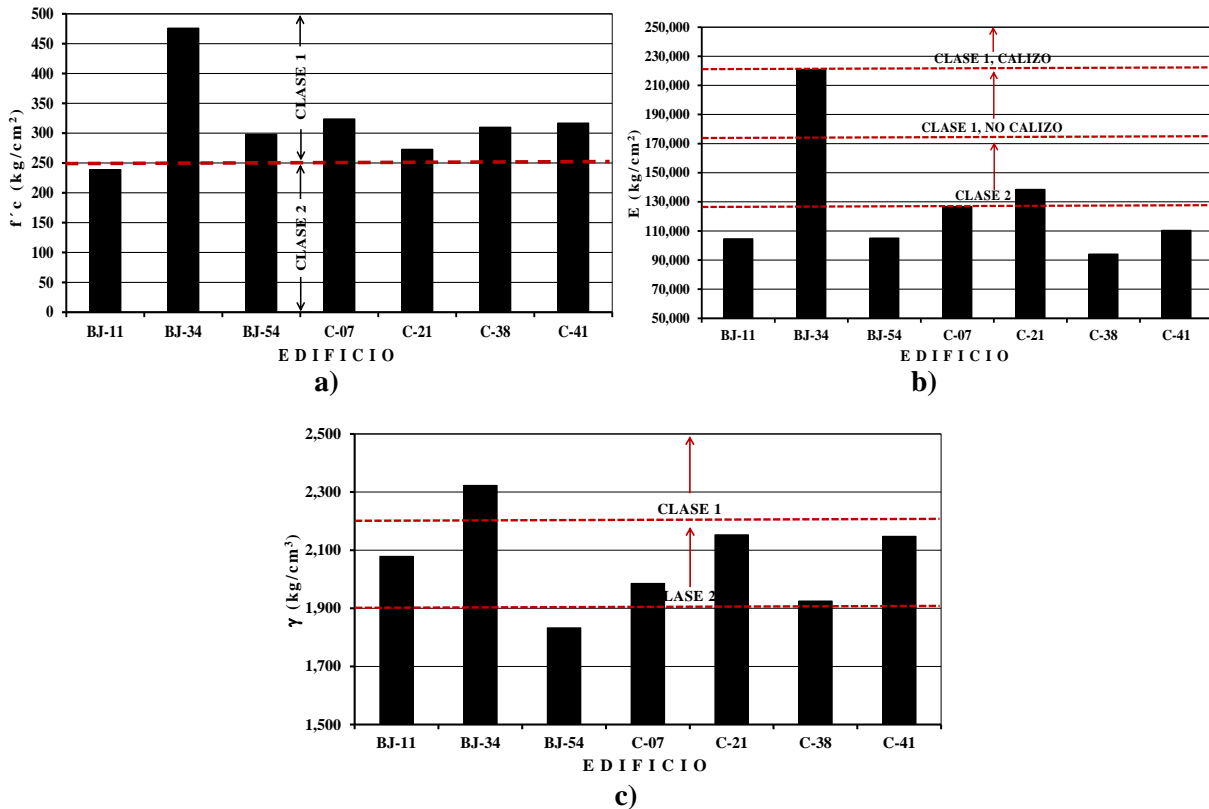
La tabla 3.18 resume los resultados obtenidos para las diferentes pruebas realizadas en laboratorio, mientras que en la figura 3.10 se muestra una gráfica de cada uno de ellos. La línea punteada representa el valor límite de la tabla 3.16 establecido en las Normas Técnicas Complementarias en Concreto, 2004.

Las tablas 3.19 y 3.20 muestran la clasificación del tipo de concreto en función de los valores obtenidos con las pruebas de laboratorio y la evaluación de la resistencia a la compresión. De la tabla 3.20 se observa que en todos los casos el material cumple con los criterios de evaluación del concreto estructural relacionados con la resistencia a la compresión.

se observa que la clasificación coincide para el módulo de elasticidad y el peso volumétrico, sin embargo, no sucede lo mismo con la resistencia a la compresión.

**Tabla 3.18** Resultados de las pruebas de corazones extraídos de concreto

Clave	Edificio	$f'c$ [ kg/cm <sup>2</sup> ]	E [ kg/cm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [ kg/m <sup>3</sup> ]
<b>BJ-11</b>	Adolfo Prieto	239	104,655	2,079
<b>BJ-34</b>	Nicolás San Juan	476	221,020	2,323
<b>BJ-54</b>	Pitágoras	298	105,177	1,833
<b>C-07</b>	Juan de la Barrera	324	126,806	1,986
<b>C-21</b>	Liverpool	273	138,623	2,153
<b>C-38</b>	Eje 2 Poniente Monterrey	310	94,141	1,925
<b>C-41</b>	Eje 3 Sur Baja California	317	110,501	2,148



**Figura 3.10** Resultados obtenidos en laboratorio: a) Resistencia a la compresión promedio, b) módulo de elasticidad y c) peso volumétrico promedio.

**Tabla 3.19** Clasificación del concreto en función de los valores obtenidos en laboratorio

Clave	Edificio	$f'c$ [ kg/cm <sup>2</sup> ]	E [kg/cm <sup>2</sup> ]	Clase *	$\gamma$ [kg/cm <sup>3</sup> ]	Clase **
<b>BJ-11</b>	Adolfo Prieto	239	104,655	Clase 2	2,079	Clase 2
<b>BJ-34</b>	Nicolás San Juan	476	221,020	Clase 1	2,323	Clase 1
<b>BJ-54</b>	Pitágoras	298	105,177	Clase 2	1,833	Clase 2
<b>C-07</b>	Juan de la Barrera	324	126,806	Clase 2	1,986	Clase 2
<b>C-21</b>	Liverpool	273	138,623	Clase 2	2,153	Clase 2
<b>C-38</b>	Eje 2 Poniente Monterrey	310	94,141	Clase 2	1,925	Clase 2
<b>C-41</b>	Eje 3 Sur Baja California	317	110,501	Clase 2	2,148	Clase 2

(\*) Ver figura 3.10b

(\*\*) Ver figura 3.10c

**Tabla 3.20** Evaluación de la resistencia a la compresión

Muestra	f'c Laboratorio	f'c Promedio	Concreto Clase *	f'c Proyecto	f'c Criterio 1	f'c Criterio 2	Observación Criterio 1	Observación Criterio 2
<b>BJ-11: Adolfo Prieto</b>								
M1	240							Cumple
M2	237	239	Clase 2	250	200	175	Cumple	Cumple
M3	241							Cumple
<b>BJ-34: Nicolás San Juan</b>								
M1	479							Cumple
M2	530	476	Clase 1	300	255	225	Cumple	Cumple
M3	418							Cumple
<b>BJ-54: Pitágoras</b>								
M1	273							Cumple
M2	308	298	Clase 1	200	170	150	Cumple	Cumple
M3	312							Cumple
<b>C-07: Juan de la Barrera</b>								
M1	273							Cumple
M2	381	324	Clase 1	200	170	150	Cumple	Cumple
M3	318							Cumple
<b>C-21: Liverpool</b>								
M1	292							Cumple
M2	274	273	Clase 1	250	212.5	187.5	Cumple	Cumple
M3	254							Cumple
<b>C-38: Eje 2 Poniente Monterrey</b>								
M1	261							Cumple
M2	323	310	Clase 1	250	212.5	187.5	Cumple	Cumple
M2'	319							Cumple
M3	336							Cumple
<b>C-41: Eje 3 Sur Baja California</b>								
M1	318							Cumple
M2	389	317	Clase 1	300	255	225	Cumple	Cumple
M3	244							Cumple

(\*) Ver figura 3.10a

La clasificación final del concreto obtenido mediante las pruebas de laboratorio se indica en la tabla 3.21. Para obtener clasificación definitiva se obtuvo seleccionando la condición más desfavorable de cada fila de la tabla 3.19.

**Tabla 3.21** Concreto estructural usado en obra según pruebas de laboratorio

Clave	Edificio	Clase tipo
BJ-11	Adolfo prieto	Clase 2
BJ-34	Nicolás san Juan	Clase 1
BJ-54	Pitágoras	Clase 2
C-07	Juan de la barrera	Clase 2
C-21	Liverpool	Clase 2
C-38	Eje 2 Poniente Monterrey	Clase 2
C-41	Eje 3 Sur Baja California	Clase 2

### 3.2.6.6 Concreto usado en proyecto vs laboratorio

Anteriormente se comentó que en sólo dos de los siete edificios se dispone con información proporcionada por el DRO, mientras que para los demás, los valores se toman de la información establecida en los documentos recopilados en la primera fase. La comparación entre la clase de

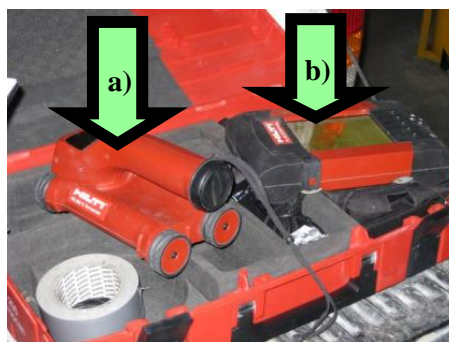
concreto establecido en los planos estructurales y la obtenida en las pruebas de laboratorio se muestra en la tabla 3.22.

**Tabla 3.22** Comparativa entre clase de concreto establecido en los planos vs laboratorio (Simbología: ✓: Si cumple, ✗: No cumple)

Clave	Edificio	Proyecto	Laboratorio	Observación
BJ-11	Adolfo prieto	250 kg/cm <sup>2</sup> : Clase 1	Clase 2	✗
BJ-34	Nicolás San Juan	300 kg/cm <sup>2</sup> : Clase 1	Clase 1	✓
BJ-54	Pitágoras	200 kg/cm <sup>2</sup> : Clase 2	Clase 2	✓
C-07	Juan de la barrera	200 kg/cm <sup>2</sup> : Clase 2	Clase 2	✓
C-21	Liverpool	250 kg/cm <sup>2</sup> : Clase 1	Clase 2	✗
C-38	Eje 2 Poniente Monterrey	250 kg/cm <sup>2</sup> : Clase 1	Clase 2	✗
C-41	Eje 3 Sur Baja California	300 kg/cm <sup>2</sup> : Clase 1	Clase 2	✗

### 3.2.6.7 Escaneo de acero de refuerzo en elementos de concreto armado

Para el escaneo del acero de refuerzo en los elementos de concreto armado de los edificios se realiza con la aplicación del sistema Ferroskan PS 200 (figura 3.12). El sistema funciona de modo que el escáner se mueve directamente encima de la superficie del elemento de construcción. Los datos se almacenan en el escáner hasta que se puedan transferir al monitor. El monitor se utiliza para almacenar grandes volúmenes de datos y poderlos visualizar. Además, se puede utilizar para el análisis. De este modo, los datos también se pueden llevar a la oficina y descargarlos mediante el software de aplicación del equipo (software que ofrece opciones de análisis avanzadas, crear e imprimir fácilmente informes, archivar datos, importar y exportar imágenes y datos a otro software, así como un tratamiento por lotes automatizado de grandes volúmenes de datos).



**Figura 3.12** Equipo Ferroskan: a) Escáner de detección PS 200S y b) Monitor PS 200M.

Las mediciones realizadas en este estudio son lineales o tipo Quickscan y locales (superficiales) o tipo Imagescan como a continuación se detalla:

- **Medición Quickscan.** Se utilizó para determinar rápidamente la posición y profundidad de las varillas de refuerzo estructural (recubrimiento). El escáner se desplaza verticalmente a las varillas de refuerzo de la columna por encima de la superficie, figura 3.13a. Los datos se registran mientras el escáner se desplaza sobre la superficie. A continuación, estos datos se transfieren al monitor (figura 3.10b). Si los datos se descargan al software del PC, se pueden analizar en el monitor así como archivar e imprimir a modo de informe. De acuerdo con la medición longitudinal desarrollada (Quickscan) se selecciona de manera aleatoria una subzona de 60 x 60 cm en donde se realizará el estudio para estimar el diámetro del armado que se quiera determinar, por medio de una medición local (superficial) o de tipo Imagescan.



- **Detección Imagescan.** El Imagescan se utiliza para crear una imagen de la disposición del armado. Primero se fija en la pared una retícula de papel utilizando cinta adhesiva, figura 3.13c. Tras seleccionar el modo Imagescan en el escáner se exploran las filas y las columnas de la retícula según las instrucciones mostradas en la pantalla del equipo. Los datos se transfieren al monitor, desde el que la imagen se puede visualizar (figura 3.13d). La posición de las varillas de refuerzo se puede relacionar con la superficie. Además, el diámetro y la profundidad se pueden determinar en cualquier punto. En columnas pequeñas para la exploración y análisis se utilizó un tablón de apoyo.



**Figura 3.13** Escaneo en columna de concreto armado: a) medición lineal vertical, b) Transferencia de datos al monitor del escáner, c) medición superficial vertical o tipo Imagescan, d) análisis de la imagen.

### 3.2.6.8 Resultados más representativos obtenidos del escaneo

Las tablas 3.23 y 3.24 relacionan de manera general las características más importantes del armado de cada uno de los elementos estudiados. En la columna estudiada del edificio “Liverpool” se observan recubrimientos excesivos del acero de refuerzo longitudinal llegando a valores de hasta 7.5 cm. Lo mismo se observa para el caso del edificio “Nicolás San Juan” con recubrimientos excesivos del acero de refuerzo transversal de la parte inferior de la cara oeste, alcanzando los 7.0 cm.

**Tabla 3.23** Refuerzo longitudinal de las columnas estudiadas por edificio

Clave	Edificio	Armado principal				
		Diámetro	Cant. de varillas		Recubrimiento [cm]	
			Lado largo	Lado corto	Lado largo	Lado corto
<b>Delegación Benito Juárez</b>						
BJ-11	Adolfo prieto	#6 y #8	7	3	5.0 – 7.0	4.0 – 4.5
BJ-34	Nicolás San Juan	#6 y #8	6	5	4.5 – 5.0	3.0 – 4.0
BJ-54	Pitágoras	#6 y #8	6	2	3.5 - 5.0	4.0 – 4.5
<b>Delegación Cuauhtémoc</b>						
C-07	Juan de la Barrera	#6 y #7	4	3	3.5 - 4.5	4.0 – 5.0
C-21	Liverpool	#6 y #8	5	3	6.0 – 7.5	3.0 - 3.5
C-38	Eje 2 Pte. Monterrey	#6 y #7	4	3	2.0 – 3.5	2.0 - 4.5
C-41	Eje 3 Sur Baja California	#6 y #8	9	6	2.0 – 6.0	2.0 - 3.0

**Tabla 3.24** Refuerzo transversal de las columnas estudiadas por edificio

Clave	Edificio	Armado transversal (estribos)				
		Diámetro	Espaciamiento [cm]			Recubrimiento [cm]
			Extremo superior	Centro	Extremo inferior	
<b>Delegación Benito Juárez</b>						
BJ-11	Adolfo prieto	#3	10	10-25	25	1.0 – 4.5
BJ-34	Nicolás San Juan	#3	10	19	----	1.5 - 7.0
BJ-54	Pitágoras	#3	20	20	20	2.5 - 5.5
<b>Delegación Cuauhtémoc</b>						
C-07	Juan de la Barrera	#3	10	15	----	1.5 - 3.5
C-21	Liverpool	#3	10	20	10	2.5 - 7.0
C-38	Eje 2 Pte. Monterrey	#3	10	20	----	0.5 - 5.5
C-41	Eje 3 Sur Baja	#3	10	10	----	0.5 - 4.0

A continuación se presenta una revisión del armado estructural de lo obtenido mediante el escaneo con la información plasmada en los planos estructurales. Las reproducciones digitales mostradas son para mostrar datos reales.

### Verificación caso Liverpool

La figura 3.14 muestra en planta la ubicación de la columna de concreto armado para pruebas de campo (nivel Niv.-1.45-Niv.+1.62). La columna para verificación es la columna C-9 que cruza con los ejes B y 4. Por otro lado, el armado de trabes armadas se indica en la figura 3.15; se marca en cuadro con línea gruesa la columna para verificar los datos obtenidos con el método de escaneo. Finalmente, en la figura 3.16 se presentan el armado representativo de la columna C-9 como se indica en el plano estructural y el obtenido por medio del escaneo. Como es de verse, existe concordancia con el detalle de armado especificado en el plano estructural con la caracterización obtenida mediante el escaneo Ferrosan PS 200.

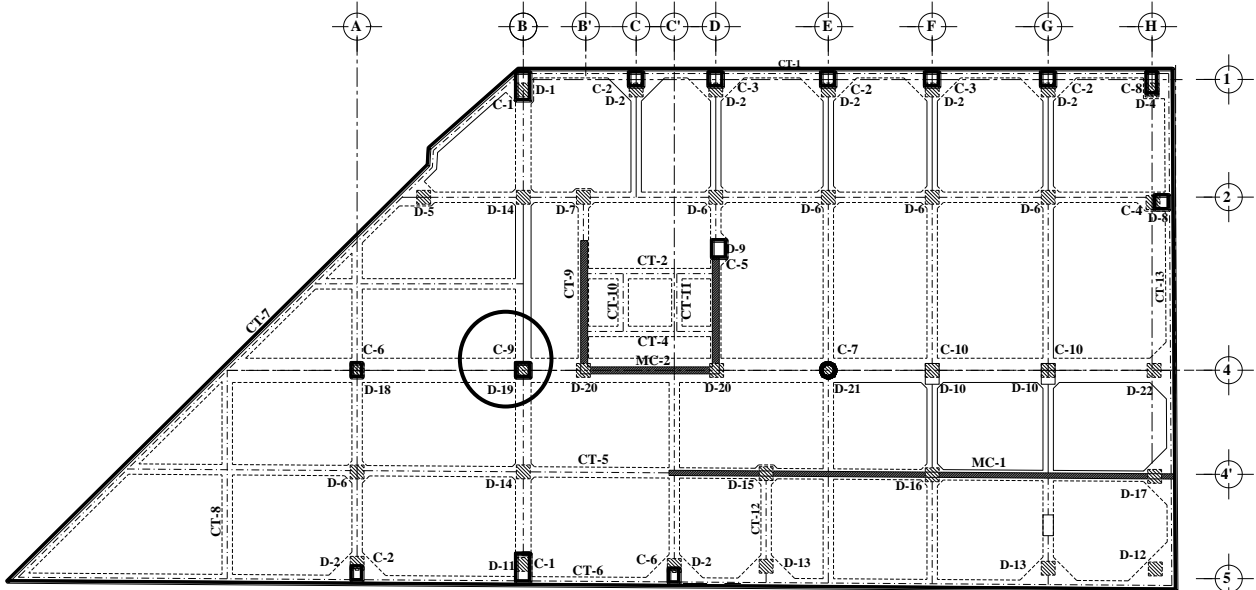
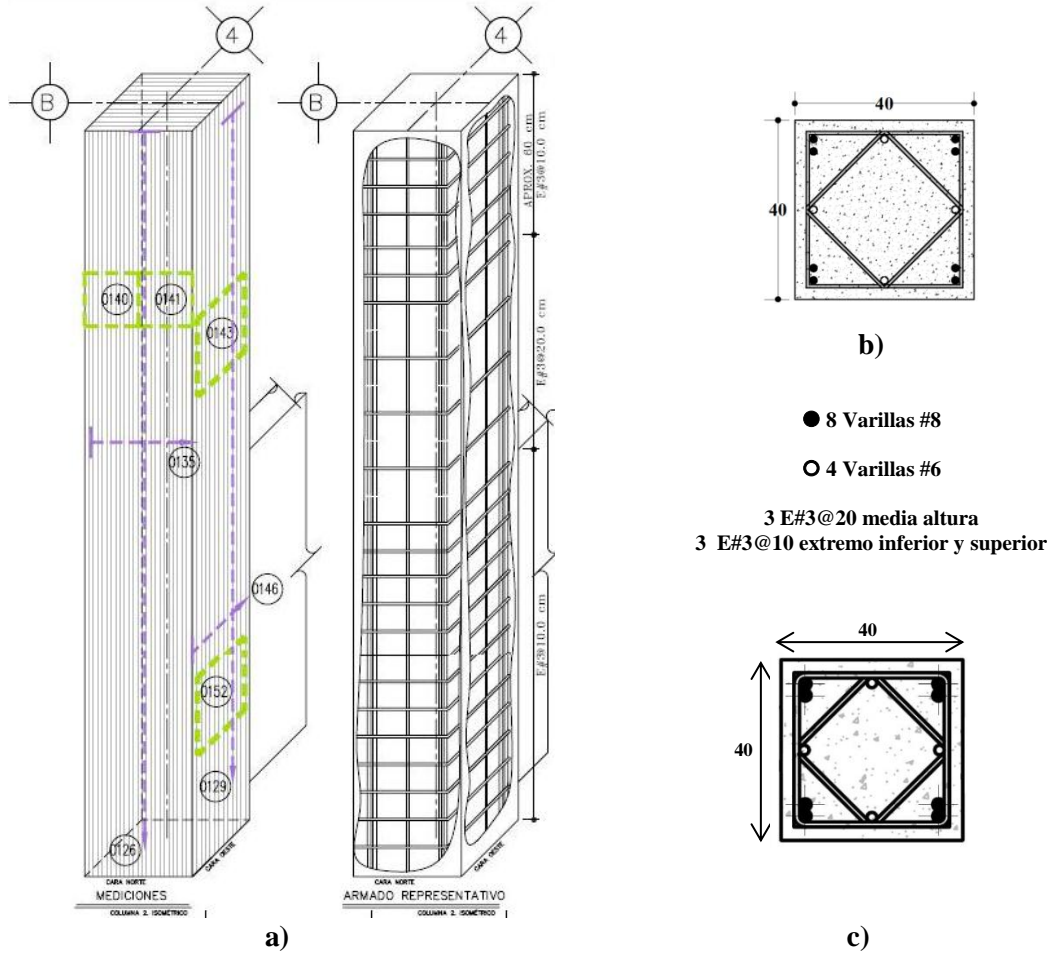


Figura 3.14 Vista en planta del primer nivel (Niv. -1.45-Niv.+1.62)

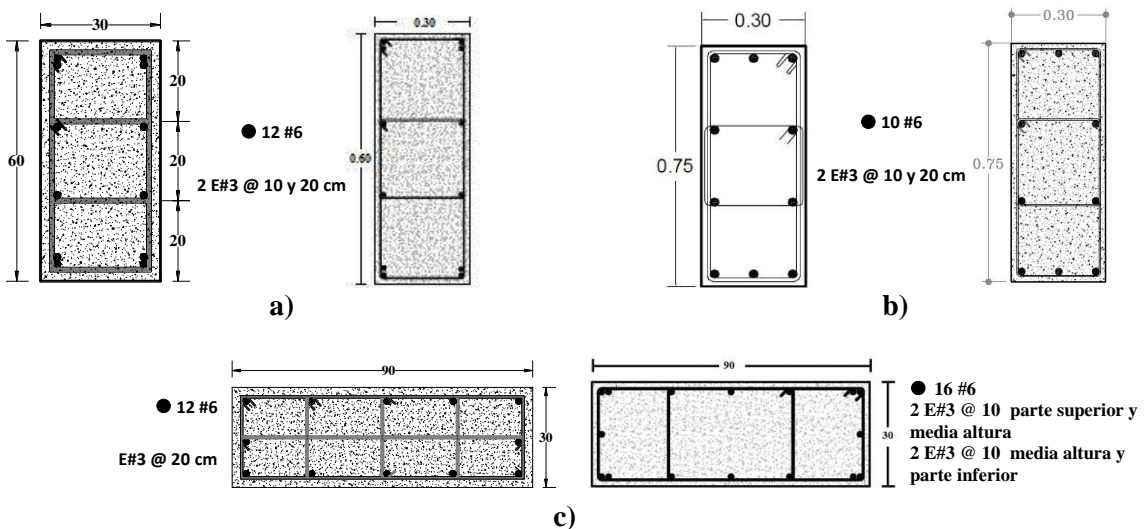
NIVEL	COLUMNAS												
	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10	C-11	C-12	C-13
NIV.+16.82	40x80 6#8+4#6 2 E#320 1 G#3@20 SECC. (A)	30x40 8#6 2 E#3@15 SECC. (C)	30x40 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (G)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)		30x40 8#8+4#6 3 E#3@15 SECC. (F)	D= Ø40 12#6 ZUNCHO #3 PASO=20 cm SECC. (I)	30x60 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (J)	40x40 4#8+4#6 2 E#3@20 SECC. (K)	40x60 4#8+4#6 2 E#3@20 SECC. (L)	30x40 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (G)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)	30x40 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (G)
NIV.+13.82	40x80 6#8+4#6 2 E#320 1 G#3@20 SECC. (A)	30x40 8#6 2 E#3@15 SECC. (C)	30x40 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (G)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)		30x40 8#8+4#6 3 E#3@15 SECC. (F)	D= Ø40 12#6 ZUNCHO #3 PASO=20 cm SECC. (I)	30x60 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (J)	40x40 4#8+4#6 2 E#3@20 SECC. (B)	40x60 4#8+4#6 2 E#3@20 SECC. (L)	30x40 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (G)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)	30x40 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (G)
NIV.+10.77	40x80 6#8+4#6 2 E#320 1 G#3@20 SECC. (A)	30x40 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (D)	30x40 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (G)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)		30x40 8#8+4#6 3 E#3@15 SECC. (F)	D= Ø40 12#6 ZUNCHO #3 PASO=20 cm SECC. (I)	30x60 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (J)	40x40 8#8 2 E#3@20 SECC. (B)	40x60 4#8+4#6 2 E#3@20 SECC. (L)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)
NIV.+7.72	40x80 6#8+4#6 2 E#320 1 G#3@20 SECC. (A)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)	30x40 8#8+4#6 3 E#3@15 SECC. (F)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)		30x40 8#8+4#6 3 E#3@15 SECC. (F)	D= Ø40 12#6 ZUNCHO #3 PASO=20 cm SECC. (I)	30x60 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (J)	40x40 8#8 2 E#3@20 SECC. (B)	40x60 4#8+4#6 2 E#3@20 SECC. (L)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)
NIV.+4.67	40x80 6#8+4#6 2 E#320 1 G#3@20 SECC. (A)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)	30x40 8#8+4#6 3 E#3@15 SECC. (F)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)	40x50 12#6 3 E#3@15 SECC. (H)	30x40 8#8+4#6 3 E#3@15 SECC. (F)	D= Ø40 12#6 ZUNCHO #3 PASO=20 cm SECC. (I)	30x60 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (J)	40x40 8#8+4#6 3 E#3@20 SECC. (E)	40x60 4#8+4#6 2 E#3@20 SECC. (L)	30x40 8#8+4#6 3 E#3@15 SECC. (F)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)	30x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (C)
NIV.+1.62	40x80 6#8+4#6 2 E#320 1 G#3@20 SECC. (A)	40x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (B)	40x40 8#8+4#6 3 E#3@15 SECC. (E)	40x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (B)	40x50 12#6 2 E#3@15 SECC. (H)	30x40 8#8+4#6 3 E#3@15 SECC. (F)	D= Ø40 12#6 ZUNCHO #3 PASO=20 cm SECC. (I)	30x60 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (J)	40x40 8#8+4#6 3 E#3@20 SECC. (E)	40x60 4#8+4#6 2 E#3@20 SECC. (L)			
NIV.-1.45	40x80 6#8+4#6 2 E#320 1 G#3@20 SECC. (A)	40x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (B)	40x40 8#8+4#6 3 E#3@15 SECC. (E)	40x40 8#8 2 E#3@15 SECC. (B)	40x50 12#6 2 E#3@15 SECC. (H)	30x40 8#8+4#6 3 E#3@15 SECC. (F)	D= Ø40 12#6 ZUNCHO #3 PASO=20 cm SECC. (I)	30x60 4#8+4#6 2 E#3@15 SECC. (J)	40x40 8#8+4#6 3 E#3@20 SECC. (E)	40x60 4#8+4#6 2 E#3@20 SECC. (L)			

Figura 3.15 Tabla de columnas del edificio Liverpool

La verificación del detalle de refuerzo para los edificios, en donde existían planos, se muestra en la figura 3.17. Los resultados de los escaneos del acero de refuerzo resultan similares a los mostrados en los detalles de los planos para los edificios Pitágoras y Monterrey. Para la verificación del edificio Adolfo Prieto, clave BJ-11, el detalle de armado se toma del archivo digital de fotos conseguido en la Fase I. El armado representativo que se indica en plano (foto) es semejante al obtenido mediante el registro de escaneo, observando diferencia en la existencia de ganchos para refuerzo y distribución de estribos como se indica en la figura 3.17 c.



**Figura 3.16** Detalle de refuerzo en columna C-9, edificio Liverpool: a) resultados IMCyC del escaneo b) armado representativo de diseño en planos y c) armado representativo de escaneo en campo



**Figura 3.17** Armado representativo de diseño en planos vs armado representativo de escaneo Ferroskan PS 200: a) edificio Pitágoras, b) edificio Monterrey y c) edificio Adolfo Prieto

### 3.2.7 Cálculos aproximados para verificar planos y dimensiones de los edificios

Se emplean las mismas suposiciones, criterios y herramientas que las empleadas en la fase I. Sin embargo, la información recopilada en la segunda etapa es mucho más completa, se obtienen más datos sobre la geometría y secciones transversales. Además, se actualizan los datos del módulo de elasticidad y la resistencia a compresión obtenidos mediante las pruebas de laboratorio.

La tabla 3.25 resume la revisión de los estados límite de servicio y último. A manera de comparativa se anexan columnas de los análisis realizados en la primera fase. Se resaltan aquellos edificios donde los valores del módulo de elasticidad y la resistencia a compresión (tabla 3.18) se consideran como datos de entrada para el análisis de los edificios en la segunda fase. La cantidad de edificios analizados es casi igual, doce en la fase uno y trece en la fase dos. Las figuras 3.18a y 3.18b muestran el conteo de la revisión de los estados límite de servicio y último, observándose diferencia en el cumplimiento para el primer caso. Estas diferencias se deben a los valores actualizados del módulo de elasticidad y la actualización de información para el modelado de las estructuras (propiedades geométricas, estructuración, etc.). Para aquellos donde no se muestran resultados de análisis se debe a la falta de información sobre las consideraciones y parámetros usados en el diseño final. Por otro lado, en la figura 3.18c se observa que de los trece edificios de la segunda fase, tan sólo 7 (54%) no cumplirían el estado límite de servicio y 9 (69%) no cumplirían con el estado límite de falla.

**Tabla 3.25** Revisión del estado límite de servicio y último (Simbología: ✓: Si cumple, ✗: No cumple, ---: Sin información)

Clave	Edificio	Estado límite de servicio		Estado límite de falla	
		Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
<b>Delegación Benito Juárez</b>					
<b>BJ-11</b>	<b>Adolfo Prieto</b>	✓	✗	✗	✗
BJ-12	Adolfo Prieto	✓	✗	✗	✗
BJ-13	Concepción Beistegui	---	---	---	---
BJ-27	Adolfo Prieto	---	---	---	---
BJ-34	Nicolás San Juan	---	---	---	---
BJ-43	Anaxágoras	✓	✓	✓	✓
BJ-44	Anaxágoras	✓	✓	✗	✗
<b>BJ-54</b>	<b>Pitágoras</b>	✓	✗	✗	✗
BJ-61	Fresas	---	---	---	---
<b>Delegación Cuauhtémoc</b>					
C-02	Ámsterdam	✓	✓	✗	✗
<b>C-07</b>	<b>Juan de la Barrera</b>	---	✗	---	✗
<b>C-21</b>	<b>Liverpool</b>	✓	✓	✓	✓
C-33	Dr. Ildefonso Velasco	---	---	---	---
<b>C-38</b>	<b>Eje 2 Poniente Monterrey</b>	✓	✓	✓	✓
C-39	Eje 3 Sur Baja California	---	✗	---	✗
<b>C-41</b>	<b>Eje 3 Sur Baja California</b>	✗	✗	✗	✗
C-44	Isabel la Católica*	---	✓	---	✗
C-46	Manuel José Othón	✓	---	✗	---
<b>Delegación Venustiano Carranza</b>					
VC-04	Calle 49	✗	✗	✓	✓
VC-20	Cuitláhuac	✗	---	✗	---

(\*) El DRO no proporciona información, tabla 3.11, pero se realiza una inspección externa e interna. Para el análisis se toma los valores plasmado en los planos recibida en la primera fase.

Finalmente, la tabla 3.26 muestra en porcentaje lo que excede cada uno de los edificios lo establecido en el Reglamento vigente. Los valores en negativo representan el valor de cuanto están por debajo las distorsiones máximas de entrepiso del límite establecido. Para el estado límite de falla se calcula el

porcentaje de elementos resistentes (en planta baja) que no cumplen con lo definido en el Reglamento. El valor 0% indica que el 100% de los elementos resistentes cumplen con los límites.

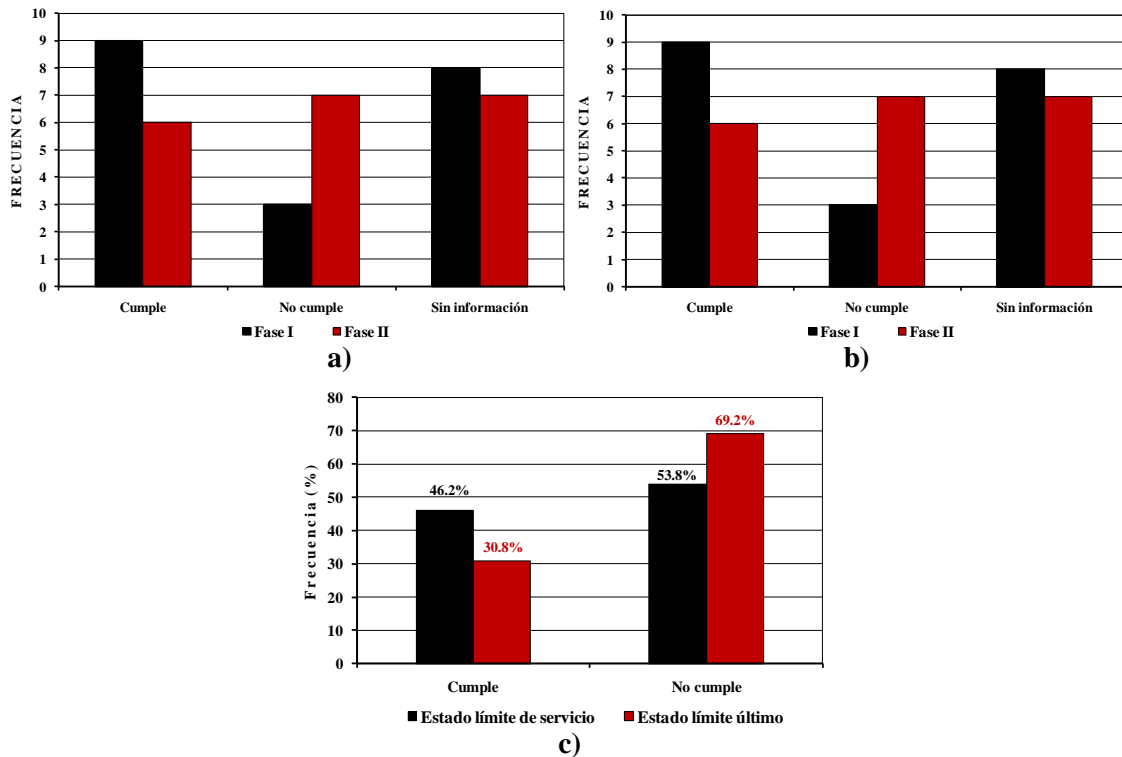


Figura 3.18 Revisión de los estados límite: a) estado límite de servicio, b) estado límite último, y c) estados límite de servicio y último en fase dos

Tabla 3.26. Porcentaje lo que excede cada uno de los edificios lo establecido en el Reglamento

Clave	Edificio	Estado límite de servicio	Estado límite de falla
<b>Delegación Benito Juárez</b>			
BJ-11	Adolfo Prieto	50%	23%
BJ-12	Adolfo Prieto	40%	11%
BJ-13	Concepción Beistegui	----	----
BJ-27	Adolfo Prieto	----	----
BJ-34	Nicolás San Juan	----	----
BJ-43	Anaxágoras	-17%	0%
BJ-44	Anaxágoras	87	2%
BJ-54	Pitágoras	17	6%
BJ-61	Fresas	----	----
<b>Delegación Cuauhtémoc</b>			
C-02	Ámsterdam	-25%	4%
C-07	Juan de la Barrera	50%	40%
C-21	Liverpool	-50%	0%
C-33	Dr. Ildefonso Velasco	----	----
C-38	Eje 2 Poniente Monterrey	-25%	0%
C-39	Eje 3 Sur Baja California	8%	28%
C-41	Eje 3 Sur Baja California	42%	4%
C-44	Isabel la Católica	0%	6%
C-46	Manuel José Othón	----	----
<b>Delegación Venustiano Carranza</b>			
VC-04	Calle 49	50%	0%
VC-20	Cuitláhuac	----	----

## CAPÍTULO 4

### METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES EXISTENTES PARA VIVENDA EN EL DISTRITO FEDERAL

En este capítulo se describe la metodología propuesta para la evaluación de edificaciones existentes de uso vivienda de la Ciudad de México. La evaluación que se propone consiste en la aplicación de formularios con preguntas sobre ciertas características relacionadas con el tipo del edificio de acuerdo con las recomendaciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal vigente. Para cada tipo de edificio se presenta una lista de evaluación física: estructural, no estructural y condiciones geotécnicas. Sin embargo, cada edificación posee su propia característica de comportamiento casi como cada persona posee su propia personalidad, de manera que para conocer sus características se lleva consigo una exhaustiva investigación de sus propiedades, razón por la cual es necesario conocer los antecedentes del más variado orden con miras a conseguir suficiente información que conduzca a la mejor comprensión de su comportamiento. El presente instrumento, no pretende corregir los criterios y procedimientos de construcción que la reglamentación mexicana expide.

#### 4.1 Necesidad de Evaluación

La idea de proponer una metodología para edificios existentes en la ciudad de México, surge como respuesta al estudio de la Observancia del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal presentado en el capítulo 3. Los resultados del estudio demuestran que a pesar que el contenido del Reglamento y sus Normas Técnicas es bueno y se establecen los requisitos mínimos para que las edificaciones tengan un adecuado comportamiento sísmico, la observancia del Reglamento no se cumple.

Después de realizar una revisión del contenido de memorias de cálculo a edificios de más de 4 niveles, estos documentos aportan insuficiente información sobre las características y/o recomendaciones estructurales que garantizan la seguridad sísmica de las construcciones en la ciudad de México. Este problema es muy conocido y los profesionales involucrados lo reconocen. Es conveniente buscar una solución creativa y sobre todo que se busque aprovechar los actuales conocimientos técnicos sobre el diseño y la construcción de edificaciones sísmicas que permiten reducir al mínimo los daños si se satisfacen cada uno de los requisitos marcados en la reglamentación. De ahí la importancia de la propuesta de una metodología, en cuyo contenido se incluya un procedimiento con miras de calificar el cumplimiento de las características, recomendaciones y parámetros que fueron usados por los diseñadores en el diseño de un edificio. Podría decirse que esta herramienta complementaria sería como una “auditoría estructural” para el cumplimiento de la normatividad vigente.

La evaluación estructural de edificios existentes es un proceso complejo puesto que se deben estudiar ciertas características, así como el comportamiento estructural, a partir de información que por lo general no se encuentra disponible (memorias de cálculos, planos estructurales, etc.). Por esta razón, y en forma previa al inicio de la evaluación, se propone una fase preliminar para la obtención de información técnica, las propiedades geométricas de las secciones, una prospección de su estado, las cargas existentes en la estructura, etc.

## 4.2 Métodos Existentes

Nunca ha sido menor el interés de la ingeniería civil en conocer la respuesta y el comportamiento de los edificios ante acciones sísmicas. Más aún cuando en la ciudad de México son más comunes y los daños causados por los eventos sísmicos más costosos y frecuentes.

Del mismo modo se ha expuesto la importancia de tener nuevas metodologías para la evaluación de edificios existentes y la estimación del posible daño causado por un terremoto en un lugar en particular. En muchos países, sobre todo en Estados Unidos, se han adelantado recientes campañas para desarrollar, mejorar y estandarizar estos métodos.

Los distintos métodos para la evaluación de edificios varían en precisión y esfuerzo dedicado para su aplicación. Es preciso resaltar que no existen metodologías estándares para estimar la respuesta y el comportamiento de las estructuras. El tipo de método seleccionado depende entonces del objetivo de evaluación, de la disponibilidad de información del edificio y de la tecnología a la que se puede acceder. En la tabla 4.1, se resume en 5 grupos los métodos de evaluación en orden de menor a mayor grado de dificultad.

**Tabla 4.1** Métodos de evaluación

ESFUERZO	APLICACIÓN	MÉTODOS
Mayor grado de dificultad ↓	<b>Grupo de edificios</b>	Vulnerabilidad observada
		Opinión de <u>Expertos</u>
		Modelos analíticos simples
		Asignación de puntaje
	<b>Edificios individuales</b>	Procedimiento de análisis detallado

Para la metodología que se propone se elige el método por asignación de puntaje. Los procedimientos de asignación de puntaje permiten identificar y caracterizar las deficiencias sísmicas potenciales de una edificación, atribuyendo valores numéricos (tantos o puntos) a cada componente significativo de la misma, que ponderado en función de su importancia relativa, conduce a la determinación de un índice de vulnerabilidad. Aunque estos métodos son bastantes subjetivos, la aplicación a edificaciones de una misma tipología de regiones de sismicidad importante permite una evaluación preliminar orientativa, suficiente para jerarquizar relativamente el nivel de vulnerabilidad sísmica de cada edificación. Algunos ejemplos de este método son: método de la ATC-14, FEMA 178, FEMA 154. También se incorporan, en menor detalle, los métodos con procedimientos de análisis detallado que más adelante se explican.

### 4.2.1 Método de la ATC-14

El primer proyecto desarrollado fue por el Applied Technology Council 14(ATC-14). En este método, se pregunta por varios aspectos importantes del sistema estructural del edificio, las cuales aparecen en forma de preguntas en formatos utilizados para obtener la información. Cuando no cumple se recomiendan evaluaciones adicionales.

### 4.2.2 Método FEMA 178 (FEMA 310)

La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias publicó un manual de evaluación de edificios existentes (FEMA 178, 1988), el cual estaba basado en el ATC-14. Posteriormente se convirtió el



FEMA 178 en un procedimiento estándar (FEMA 310, 1998) a través del American Society of Civil Engineering (ASCE), el cual incluye muchas mejoras y actualizaciones registradas en las provisiones FEMA 273/274 (FEMA 273, 1996). Similar al procedimiento del ATC-14, la evaluación busca encontrar las deficiencias estructurales a partir de una serie de interrogantes para cada tipo de estructura. En la lista guía se marcan si cumplen cada una de las declaraciones. Interrogantes que han sido hallados que cumplen indican que son revisiones que están de acuerdo con el criterio del FEMA 310 y pueden hacerse a un lado; mientras que los interrogantes que no cumplan identifican aspectos que necesitan mayor investigación y análisis. El procedimiento consta de 3 niveles de evaluación: una fase inicial de inspección rápida –tier 1 (identificación de deficiencias), una fase 2 (tier 2) para tratar estas deficiencias y una fase 3 (tier 3) en el que debe hacerse un análisis de acuerdo al documento. En este manual no se indican las medidas de mitigación de los posibles resultados del estudio.

El análisis realizado por medio de este procedimiento se debe llevar a cabo utilizando procedimientos simples. Si el análisis resulta en que la edificación es cuestionable, una investigación más detallada debe llevarse a cabo. La limitación de este método es que requiere del conocimiento de la cantidad de refuerzo, tanto a flexión como a cortante, y su distribución, utilizando para esto los planos de los despieces. Lo que implica, que si no se tiene conocimiento de ellos, se deben emplear métodos costosos para averiguar cuánto refuerzo tiene un elemento determinado, elevando el precio del estudio.

Una parte importante de este manual es enseñar al profesional de diseño y evaluación sobre cómo determinar si un edificio es adecuadamente diseñado y construido para resistir fuerzas de sismo. Todos los aspectos del comportamiento del edificio son considerados y asumidos en términos de puntos sobre la parte estructural, no estructural y de riesgos geológicos y la cimentación.

El FEMA 310 fue escrito para:

- Reflejar el avance en la tecnología.
- Incorporar lecciones aprendidas durante recientes terremotos como el de Michoacán que afectó la Ciudad de México, en 1985; el terremoto de Loma Prieta en 1989, que afectó el área de la Bahía de San Francisco; el terremoto de Northridge (Los Ángeles) en 1994 y el terremoto de Kobe en 1995.
- Aplicarse a nivel nacional e internacional.
- Proveer técnicas de evaluación para distintos niveles de desempeño.
- Incorporar la experiencia de profesionales de diseño.

#### 4.2.2 Método FEMA 154

Un procedimiento más rápido de exploración es el propuesto por el ATC 21, publicado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias en 1988 y actualizado recientemente en 2002, (FEMA 154, 1988/2002) y (FEMA 155 1988/2002). Se le conoce como Procedimiento de Investigación Visual Rápida RVS (Rapid Visual Screening Procedure, en inglés). Desarrollado por un grupo multidisciplinario que incluye funcionarios e inspectores de edificios públicos, agencias de gobierno, profesionales de diseño, propietarios de edificios del sector privado, miembros de universidades quienes usan el Procedimiento RVS como herramienta de trabajo e investigación. Este procedimiento ha servido de prototipo para evaluación de edificios vitales en algunos países.

Este método asigna un puntaje básico a varios tipos de edificios y va reduciendo el puntaje a medida que tenga deficiencias evidentes a simple vista (irregularidades, número de pisos, riesgo sísmico etc.) e información fácil de obtener. Cuando el puntaje sea menor de 2 se recomienda una evaluación más detallada. De acuerdo a la inspección detallada, a los análisis ingenieriles y otros procedimientos detallados se logra un informe final sobre la capacidad del edificio y la necesidad de una rehabilitación.

El procedimiento RVS es diseñado para ser implementado sin unos cálculos de análisis estructural. Utiliza un sistema de puntajes que requiere que el usuario:

- 1) identifique el sistema primario resistente estructural a carga lateral, y
- 2) identificar los atributos del edificio que pueden modificar el comportamiento sísmico esperado de su sistema a carga lateral.

La inspección, la recolección de datos, y el proceso de decisión se llevará a cabo en el sitio del edificio, tomando un promedio de 15 a 30 minutos por edificio (30 minutos a una hora si el acceso al interior está disponible).

Los resultados son registrados en uno de los 3 formularios de recolección de datos, dependiendo de la sismicidad de la región (alta, media o baja) que está siendo estudiada. El formato de recolección de datos incluye un espacio para la información de la identificación del edificio, incluyendo su uso y tamaño, una fotografía del edificio, un bosquejo, y documentación de los datos relacionados al comportamiento sísmico del edificio. Los edificios pueden ser revisados desde la banqueta sin la necesidad de ingresar al edificio, planos o cálculos estructurales. La fiabilidad y confianza en la determinación del tipo de edificio aumenta si el sistema de elementos estructurales es verificado durante una inspección en el interior o en base a una revisión de los documentos de construcción.

#### **4.3 Metodología propuesta para la evaluación**

La idea es formular un procedimiento basado en evaluar el estado actual de las edificaciones, de uso habitacional, mediante el estudio de los planos existentes actuales e inspecciones visuales interna y externa y así contestar cada una de las preguntas que se plantean en los formatos. Estos criterios a evaluar serán los mismos principios establecidos en el Reglamento y Normas vigentes, Reglamento de Construcciones del Distrito Federal 2004.

La evaluación no conduce a un certificado sino a un informe objetivo. Aunque este instrumento no garantiza la calidad de servicio proporcionado por el edificio, sí ofrece un acercamiento para estimar en un margen porcentual deficiencias que tiene la estructura para hacer frente a eventos sísmicos, y posteriormente establecer actividades correctivas específicas en pos de mejorar los niveles de seguridad y elementos concretos para evaluar mejoras concretas.

La metodología que se presenta incorpora, de forma similar, el procedimiento basado en la literatura de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, publicación FEMA 310, para la Evaluación Sísmica de Edificios Existentes. La evaluación se realizará con la ayuda de formularios. Si la condición establecida por la pregunta no es satisfactoria, el método describe qué procedimiento seguir. En algunos casos la evaluación necesita de cálculos sencillos y considerando las recomendaciones hechas en cada paso, se concluye la evaluación. Se intenta detectar deficiencias en los edificios a través de parámetros que afectan el comportamiento sísmico.

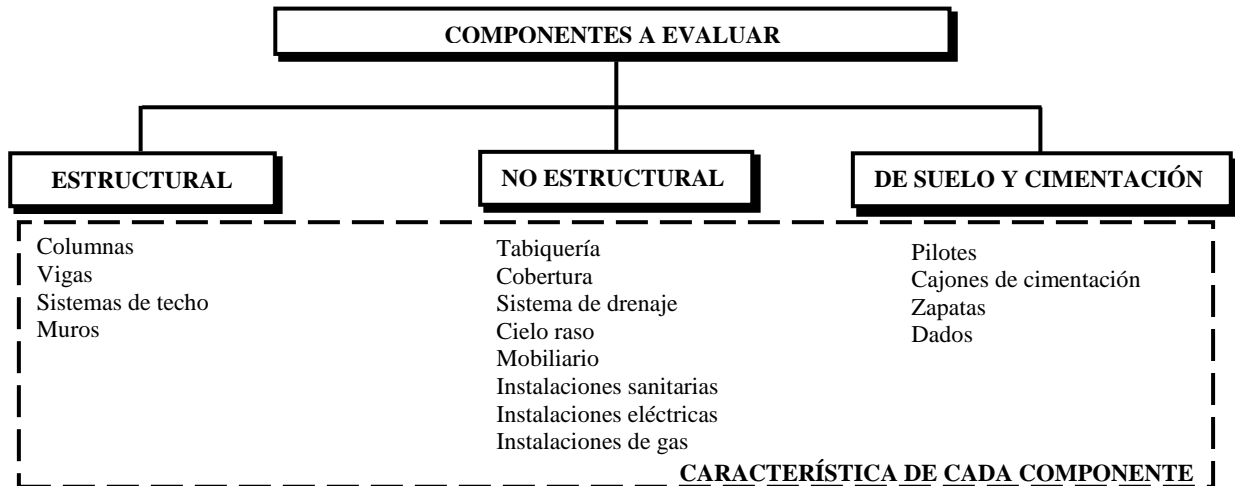
#### **4.4 Clasificación de los componentes a evaluar**

La figura 4.1 muestra los componentes principales para evaluar y se clasifican en: Estructurales, No-Estructurales y de suelo y cimentación (Geotécnicos).

##### **4.4.1 Componentes Estructurales**

Se refieren a aquellos elementos que permiten que la estructura esté erigida y tenga un buen comportamiento sísmico que a su vez garantice el desarrollo de las funciones básicas del edificio. Esto

incluye cimientos, columnas, muros, vigas y diafragmas (entendidos estos como los pisos y techos diseñados para transmitir fuerzas horizontales, como las de sismos, a través de las vigas y columnas hacia los cimientos). Los materiales de construcción están directamente vinculados a los anteriores, e influyen en los mismos tanto en la calidad como en cantidad utilizada. La figura 4.2 muestra algunos de los elementos estructurales de un edificio.



**Figura 4.1** Clasificación de los componentes a evaluar

#### 4.4.2 Componentes No-Estructurales

Son aquellos que no contribuyen, teóricamente, a la resistencia de la estructura al ser sometida a los efectos sísmicos y no implican peligro para la seguridad global del edificio, pero sí pueden poner en peligro la vida o la integridad de las personas dentro del edificio. Estos componentes pueden estar unidos a las partes estructurales (tabiques, ventanas, techos, puertas, cerramientos, cielos rasos, etc.), que cumplen funciones esenciales en el edificio (plomaría, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.) o que simplemente están dentro de las edificaciones (equipos mecánicos, muebles, etc.), pudiendo por lo tanto ser agrupados en tres grupos: componentes arquitectónicos, instalaciones (líneas vitales), equipos y componentes funcionales. En la figura 4.3 se identifican algunos componentes no estructurales en un edificio.

##### Arquitectónicos

Está conformado por todos aquellos elementos que siendo físicamente parte de la edificación, no cumplen funciones de índole estructural, se conforman de la siguiente forma:

1. Elementos arquitectónicos.
  - Muros no estructurales.
  - Cielo rasos decorativos.
  - Puertas.
  - Ventanas.
2. Sistemas de iluminación.
  - Fluorescentes.
  - Incandescentes.
3. Sistema de cobertura.
  - Tejas.
4. Mobiliario.
  - Muebles.

- Gabinetes.
- Archiveros.
- Repisas.

### **Instalaciones**

Incluye todas las instalaciones fijas, las cuales en caso de mal funcionamiento dejarán inoperativa la edificación.

5. Suministro de distribución de energía eléctrica.
  - Tablero de distribución.
  - Sistema de emergencia.
6. Sistema de distribución de agua y desagüe.
  - Suministro de abastecimiento.
  - Suministro de almacenamiento (cisternas, tinacos).
  - Sistema de desagüe.
7. Instalaciones sanitarias.

### **Equipo y componentes funcionales**

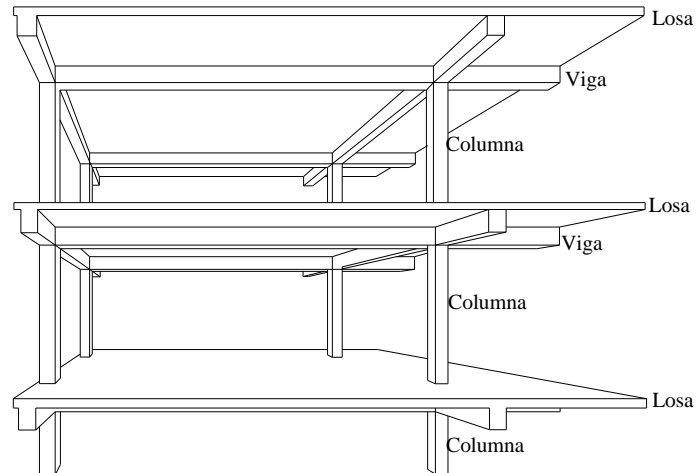
El componente de equipo abarca el sistema de elevador, bombas para bombeo de agua, mientras que el funcional abarca accesos y señalizaciones.

8. Equipo.
  - Sistema de elevadores.
  - Sistema de bombeo.
9. Señalización.
  - Seguridad.
  - Rutas de evacuación.
  - Extintores.
  - Rociadores.
  - Gabinetes con mangueras.

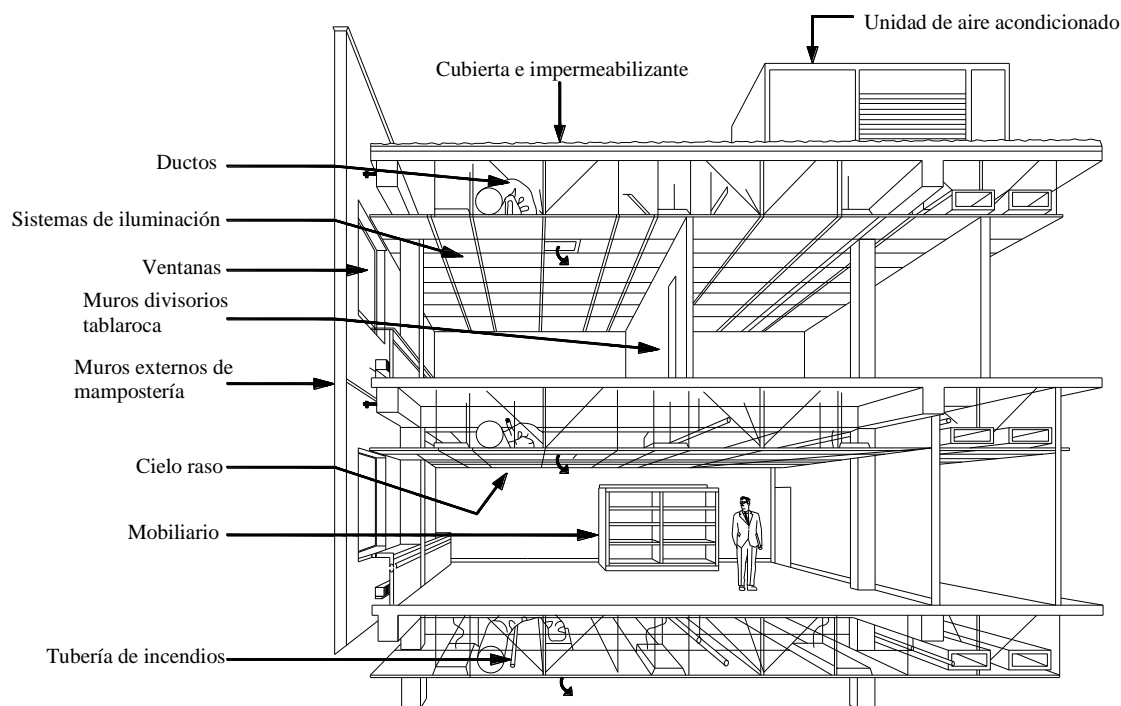
#### **4.4.3 Componentes de suelo y cimentación (Geotécnicos)**

**Estos abarcan el riesgo geológico y las cimentaciones.**

10. Riesgo geológico.
  - Deslizamientos.
  - Pendiente.
  - Superficie de ruptura.
11. Cimentaciones.
  - Pilotes.
  - Cajones de cimentación.
  - Zapatas.
  - Etc.



**Figura 4.2** Componentes estructurales (FEMA 154)



**Figura 4.3** Componentes no estructurales (FEMA 154)

## 4.5 Criterios básicos para la evaluación

### 4.5.1 Procedimiento

Para determinar el estado actual en que se encuentra los componentes estructurales, no estructurales, de suelo y cimentación, se utilizará un conjunto de lista de control propuesto en el anexo A, para lo cual se contestarán una serie de preguntas sobre las características de cada uno de los componentes. En estas listas se verifica que los diferentes elementos evaluados cumplan con requisitos mínimos de seguridad sísmoresistente (ver tabla 4.2).

**Tabla 4.2** Número de requisitos contenidos en las listas de control

<b>Lista de control</b>	<b>Edificio tipo C1</b>	<b>Edificio tipo M1</b>
Estructural básica	17	22
Estructural adicional	19	17
Riesgos geológicos y de cimentación	8	8
No estructural básica.	27	27
No estructural adicional	35	35

Puede adoptarse un procedimiento de evaluación por fases que tenga en cuenta las condiciones actuales del edificio, definiendo cada una de las fases en función de las circunstancias y condiciones específicas de la misma tales como la disponibilidad del proyecto original, la observación de daños estructurales, el uso del edificio, etc.

La aplicación de los niveles de evaluación, que más adelante se explican, dependerá de los resultados obtenidos en el nivel previo y de las características de las estructuras evaluadas. El proceso de evaluación se considera finalizado cuando en un nivel se alcanza una conclusión inequívoca o no se presentan deficiencias en las características evaluadas del edificio.

Es requisito indispensable que el establecimiento de vivienda disponga de los planos actuales para identificar las áreas de los ambientes, las irregularidades, característica de la estructura (columnas, muros, etc., losas, sistema estructural, etc.), sin ello se podrá tener problemas para comenzar el recorrido por todos los ambientes del establecimiento.

#### 4.5.2 Evaluación del estado actual de los componentes

##### Componentes estructurales

Dentro de la revisión del sistema estructural se revisan aspectos tales como:

- Si la trayectoria de cargas es continua para los efectos de fuerzas sísmicas.
- Si hay redundancia estructural o no.
- Si se tiene un piso débil o no.
- Si se tiene un piso flexible en la edificación.
- Se revisa si existen irregularidades geométricas o de masa en la edificación.
- Se revisa que los elementos del sistema de resistencia sísmica formen un sistema balanceado el cual no sufre de torsión relevante.
- Se estudia si existen o no construcciones adyacentes a la estructura con el fin de evitar golpeteos.
- Si existe o no existe deterioro visible del concreto o del acero de refuerzo en los elementos de los estructurales principales, por ejemplo: desintegración (deterioro en pequeños fragmentos o partículas por causa de algún deterioro), distorsión (cualquier deformación anormal de su forma original), eflorescencia (depósito de sales, usualmente blancas que se forman en las superficies), exudación (líquido o material como gel viscoso que brota de los poros, fisuras o aberturas en la superficie), picaduras (desarrollo de cavidades relativamente pequeñas en la superficie debido a fenómenos tales como la corrosión o cavitación o desintegración localizada), escamas (presencia de escamas cerca de la superficie del concreto o mortero), corrosión (desintegración o deterioro del concreto o del refuerzo por el fenómeno electroquímico de la corrosión), goteras (humedad causada por las aguas de lluvias bajo la cubierta), entre otros.
- El espaciamiento de estribos en columnas.
- Los ganchos de flejes y estribos.
- Los traslapes en las barras de las columnas.
- Las irregularidades en planta.

- El refuerzo en las aberturas.
- En las columnas de concreto revisar si todo el refuerzo longitudinal de las columnas está anclado a la cimentación.
- Entre otros.

### **Componentes no estructurales**

En el estudio de elementos no estructurales se tiene:

- Está basada en la apreciación de los elementos arquitectónicos, se evaluará la seguridad de la tabiquería mediante su estabilidad, fijación y agrietamiento.
- Las lluvias intensas que caen sobre los techos de las estructuras pueden ocasionar el debilitamiento de los mismos, si estos no tienen un sistema adecuado para minimizar el deterioro por impacto, por filtración o por humedecimiento del material, es importante verificar que las coberturas estén bien colocadas para el escurrimiento de agua de lluvias, evaluar que las pendientes utilizadas faciliten el escurrimiento superficial.
- Los sistemas de cielos rasos. La inexistencia de anclajes o la mala colocación sin considerar la deformación y aceleración del sismo puede provocar que pierdan su soporte y caigan. En condiciones sísmicas, los plafones llegan a ser potencialmente letales. Las losetas individuales o el yeso pueden aflojarse y caer, lastimando a las personas que estén abajo. Debido a esto, debe permitirse el movimiento en el perímetro del plafón, a fin de minimizar el daño donde se une a los muros: una manera de hacer esto es proporcionando un hueco y una cubierta deslizante. Algunos sistemas de suspensión de plafones necesitan sujeciones horizontales adicionales en las columnas y en otros elementos estructurales, con objeto de minimizar el movimiento del plafón en relación con la estructura. Por otro lado, se tiene que tener cuidado que los sistemas de luminarias colgados o suspendidos que forman parte de los cielos rasos, cuenten con un sistema de soporte independiente, la evaluación consistirá en verificar que estos elementos se encuentren anclados y con protección.
- Deben revisarse que las instalaciones de sistema de drenaje, de electricidad y gas se encuentren en buenas condiciones.

### **Componentes de suelo y cimentación**

En el estudio de riesgos geológicos se revisa:

- El desempeño de la cimentación, si la estructura no muestra desplazamientos excesivos de su cimentación tal como asentamientos o hinchamientos, lo cual podría afectar la integridad estructural.
- Si no hay evidencia que los elementos de la cimentación están deteriorados debido a corrosión, ataque de agentes químicos, sulfatos, etc., que puedan afectar la integridad estructural.
- Si no hay peligro de volcamiento.
- Si existe amarre entre elementos de la cimentación.
- Si hay cimentaciones profundas, que las pilas o pilotes sean capaces de transferir las fuerzas laterales entre la estructura y el suelo de cimentación.
- Si hay peligro de deslizamientos de laderas.
- Si se prevé ruptura de fallas en la superficie o desplazamiento de la superficie.

#### **4.5.3 Fases de Evaluación**

Con carácter general se establecen cuatro fases:

**1ª Fase Preliminar: Requisitos de Evaluación**, que incluye en general:

- Recopilación de datos e inspección preliminar.

**2ª Fase de Observación: Chequeo Rápido (Nivel 1)**, que incluye en general:

- La determinación del estado de daño del edificio mediante la aplicación de listas de control de componentes estructurales, no estructurales, la cimentación y del riesgo geológico.
- Inspecciones internas y externas.
- Servir como un primer filtro para identificar los edificios que por cumplir con ciertas características básicas, presentan una menor probabilidad de daño; además de permitir localizar, en caso de existir, las deficiencias existentes.

**3ª Fase de Evaluación (Nivel 2)**, que incluye en general:

- El análisis estructural completo del edificio enfocándose en las deficiencias encontradas en el Nivel 1. En algunos casos, dependiendo de algunas características de la estructura y de su ubicación es obligatorio llegar a este nivel de análisis. Los tipos de análisis que se realizan en la Fase de Evaluación son del tipo lineal (estático y dinámico) y el objetivo es determinar si es necesario o no el refuerzo de la estructura.
- La verificación preliminar de la capacidad del edificio y de la aptitud de servicio de los elementos estructurales principales.
- En caso de que se presenten deficiencias en el comportamiento del edificio, el profesional responsable de la evaluación tendrá la opción de concluir el proceso y reportar las deficiencias encontradas o implementar una evaluación sísmica detallada (Nivel 3).

**4ª Fase de Evaluación Detallada (Nivel 3)**, que incluye en general:

- Análisis estructural por medio de análisis no lineales. Este tipo de análisis de gran complejidad requieren de profesionistas altamente calificados lo que incrementa el costo y el tiempo de la evaluación. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que estructuras de cierta complejidad presentan comportamientos adecuados cuando son evaluados por análisis no lineales, aun y cuando su comportamiento no fue correcto cuando fueron analizados con métodos más simples. Por lo general el incremento en el costo del análisis se ve altamente compensado con el ahorro producido en etapas de construcción o rehabilitación. El uso de este tipo de análisis debe estar limitado a las características del edificio.
- La adquisición, en su caso, de más datos sobre las características de la estructura o de los materiales, o sobre las acciones.

En el diagrama de flujo de la figura 4.4 se presenta el procedimiento a seguir sobre las 4 fases de evaluación.



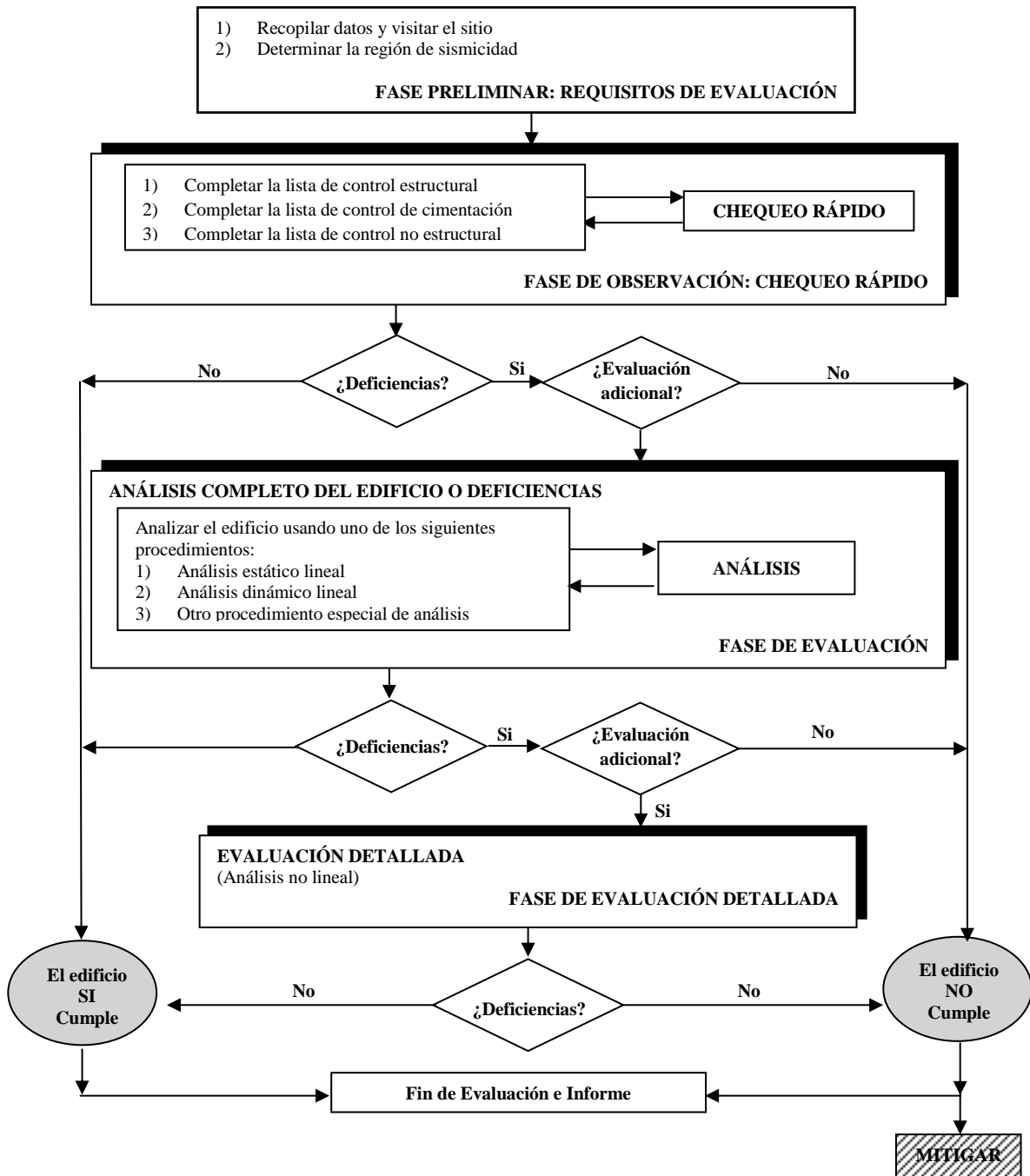


Figura 4.4 Procedimiento para la evaluación de edificaciones existentes

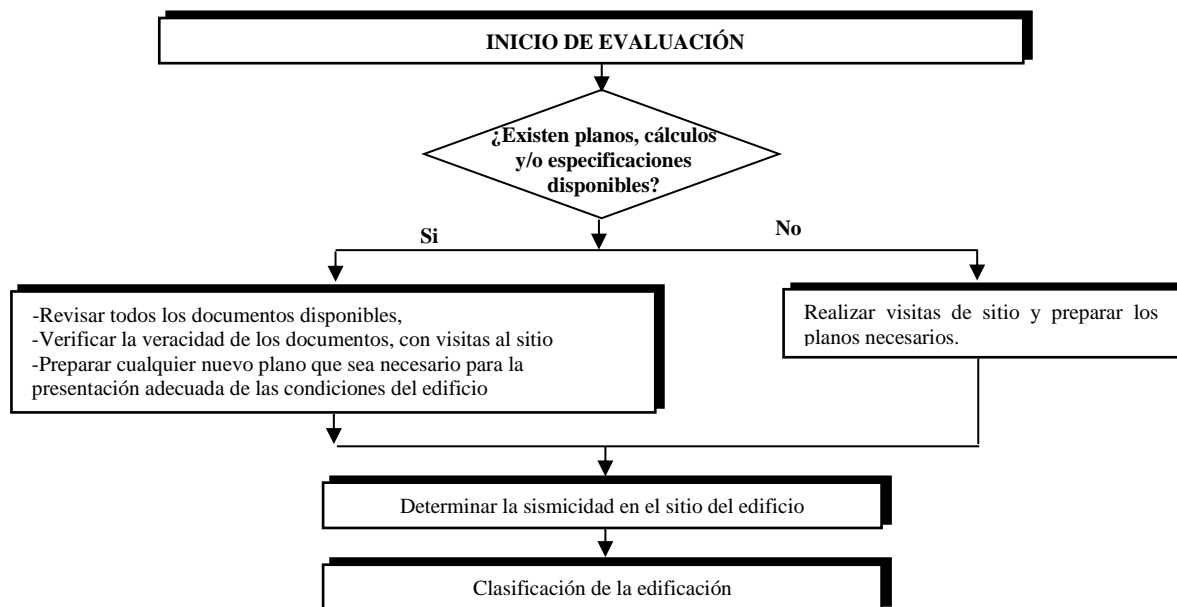
## 4.6 Fase Preliminar: Requisitos de Evaluación

En diagrama de flujo de la figura 4.5 presenta el procedimiento para la fase preliminar.

### 4.6.1 Recopilación de datos

Es evidente que el primer paso de la evaluación de una edificación será la recopilación de toda la información escrita, dibujada o esquematizada relativa al proyecto o ejecución de la construcción. Se incluye dentro de los documentos, el diseño arquitectónico, el estudio geotécnico o de suelos, el proyecto estructural, memoria de los cálculos, etc. sin descartar los antecedentes que puedan existir inclusive sobre comportamiento de las edificaciones aledañas.

Algunas edificaciones poseen tales documentos gracias a la buena gestión de las empresas administradoras de la copropiedad que reciben de las firmas constructoras esa información y guardan con mucho celo cada documento. Por otro lado, en entidades gubernamentales sobresale el orden y rigor en el manejo de los archivos lo que permite obtener la información completa y con prontitud. En otros casos se adolece de negligencia y desinterés en mantener adecuados niveles de organización en los archivos. La autoridad municipal encargada de expedir las licencias de construcción puede poseer archivos de documentos que facilitan esa tarea. En otros casos, la información documental es nula lo cual hace más difícil este proceso por lo que debe recurrirse a una ardua tarea de restitución e investigación.



**Figura 4.5** Diagrama de flujo Fase Preliminar

### 4.6.2 Sitio de visita

Primordial para:

- Verificar datos existentes.
  - Descripción general del edificio: número de niveles, año de construcción y dimensiones.
  - Descripción de los sistemas estructurales: sistemas resistentes a carga lateral, sistema de piso y la azotea, sótanos y sistema de cimentaciones.

- Descripción de los elementos no estructurales: elementos no estructurales que pueden interactuar con la estructura y afectar el desempeño sísmico.
- Recopilar datos adicionales no indicados en los documentos técnicos.
- Inspección interna y externa.
- Determinar visualmente la condición general del edificio.
- Tomar fotografías.

#### 4.6.3 Región de sismicidad

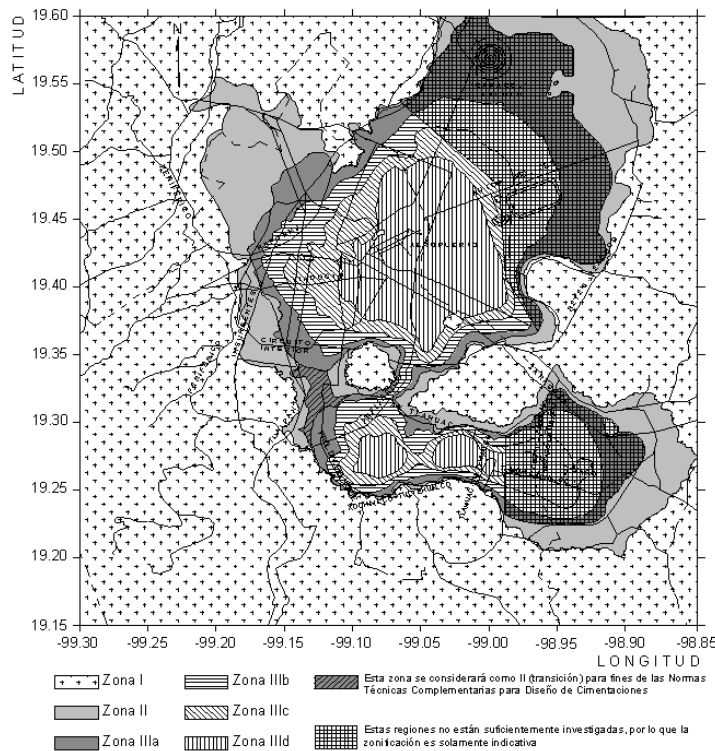
La sismicidad se clasificará como baja, moderada y alta (Zona I, II y III respectivamente) de acuerdo con los criterios utilizados en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo del RCDF-2004 (tabla 4.3 y figura 4.6).

**Tabla 4.3** Región de sismicidad

Zona	Región de Sismicidad
Zona I	Baja
Zona II	Moderada
Zona III	Alta

#### 4.6.4 Elección del tipo de edificio

En la tabla 4.4 se presenta la descripción de los dos sistemas estructurales de tipo de edificios para viviendas en la Ciudad de México. En el capítulo 3 se obtuvo que en el 90% de la población de 150 edificios están construidos a base de mampostería, mientras que el resto son estructuras de marcos y muros de concreto. Cuando una edificación este integrada con dos o más sistemas resistentes a carga lateral, se procederá a evaluar por separado. La evaluación favorable será aquella que resulte con mayor puntuación.



**Figura 4.6** Zonas sísmicas en las que se divide la Ciudad de México (RCDF, 2004)

**Tabla 4.4** Tipos de estructuras

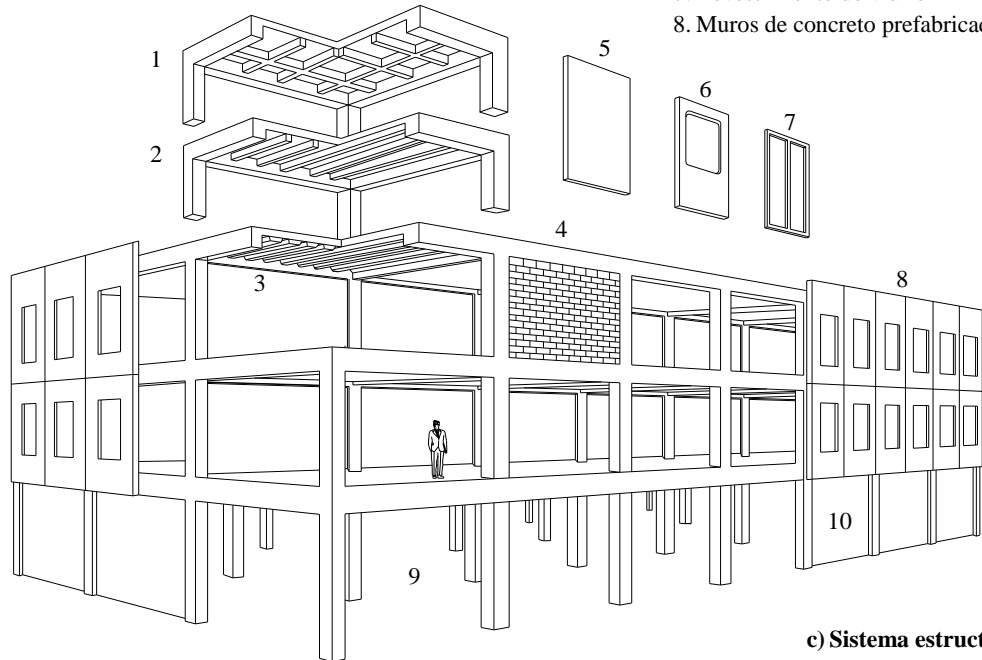
<b>Edificio tipo 1: Marcos de concreto</b>	
C1	Estos edificios consisten de marcos formados por vigas y columnas colados en sitio. Hay una gran variedad de sistemas: losas planas, marcos con sistema de piso construido con losa maciza, sistema de vigas en una dirección y en dos direcciones. En edificios antiguos, se puede dar una falla frágil que produzca el colapso del mismo. Los edificios más modernos se diseñan para presentar un comportamiento dúctil durante el sismo, y se espera que presente grandes deformaciones, antes del colapso. El sistema de cimentación puede consistir de sistemas de cimientos corridos, pilotes. Figura 4.7
<b>Edificio tipo 2: Muros de mampostería</b>	
M1	Estos edificios cuentan con muros mampostería reforzada o no formados generalmente por piezas de tabique de barro recocido con/sin huecos verticales, bloques de concreto, tabicón, etc. Los muros forman parte del sistema estructural resistente a fuerzas laterales. El sistema de piso puede estar formado por sistemas de losas, elementos de concreto prefabricado, madera, etc. Generalmente el sistema de cimentación consiste de sistemas de cemento corrido. Figura 4.8

**b) Sistema de piso**

1. Losa reticular de concreto
2. Losa y vigas de concreto (losa apoyadas perimetralmente)
3. Cubiertas de acero con relleno de concreto (losacero)

**a) Revestimientos**

4. Muros de relleno
5. Revestimiento de mampostería
6. Revestimiento metálico
7. Revestimiento de vidrio
8. Muros de concreto prefabricado



**c) Sistema estructural**

9. Marcos de concreto
10. Primer piso (piso débil)

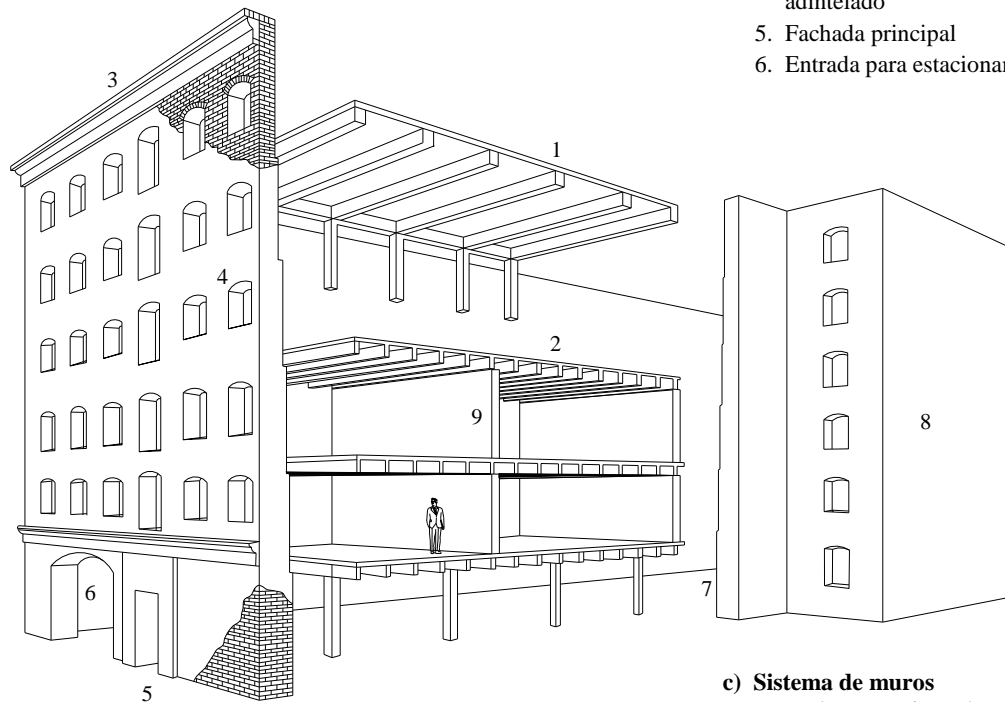
**Figura 4.7** Edificio tipo 1, marcos de concreto (FEMA 154)

**a) Sistema de piso**

1. Losa y vigas de concreto (losa apoyadas perimetralmente)
2. Losa reticular

**b) Componente no estructural**

3. Parapetos y cornisa
4. Ventanas en forma de arco adintelado
5. Fachada principal
6. Entrada para estacionamiento



**c) Sistema de muros**

7. Muro de carga-citara de media asta
8. Muro de mampostería
9. Muro de tablaroca (particiones)

**Figura 4.8** Edificio tipo 2, muros de mampostería (FEMA 154)

**4.7 Fase de Observación: Chequeo Rápido (Nivel 1)**

**4.7.1 Selección de lista de control para evaluación**

La selección de estas listas va en función de la región de sismicidad como se indica en la tabla 4.5. Cada una de estas listas debe evaluarse para el Nivel 1 como lo indica el presente procedimiento de Evaluación.

**Tabla 4.5** Lista de Chequeo Rápido, Nivel 1

Región de Sismicidad	Lista de chequeo rápido <sup>1</sup>				
	Estructural Básica	Estructural Adicional	Riesgos Geológicos y de Cimentación	No Estructural Básica	No Estructural Adicional
Zona I (Baja)	✓		✓	✓	
Zona II (Moderada)	✓	✓	✓	✓	✓
Zona III (Alta)	✓	✓	✓	✓	✓

<sup>1</sup>Las marcas ✓ indican que para el nivel 1 se deberán de completar las listas de chequeo según corresponda

**4.7.2 Listas de Control para Chequeo Rápido**

En el anexo A se muestran las listas de control propuestas para el chequeo rápido de edificios de concreto y mampostería. Los formularios se dividen en 6 tipos:

1. Estructural Básica.
2. Estructural Adicional.
3. Riesgos Geológicos y de Cimentación.
4. No Estructural Básica.
5. No Estructural Adicional.

En cada enunciado o descripción de los requisitos de los formularios deben marcarse como: “cumple” (C), “no cumple” (NC) ó “no aplica” (N/A). Se marcarán como (C) cuando se cumplan los criterios establecidos de la presente Metodología, en caso contrario (NC) e indicará que se han encontrado deficiencias durante el Chequeo Rápido y se requerirá un estudio del Nivel 2. Finalmente, en ciertos casos se marcará (N/A) cuando los criterios establecidos no se aplican al edificio que se está evaluando.

#### 4.7.3 inspección interna y externa

Algunos de los requisitos de evaluación establecidos en los formularios de evaluación será necesario realizar una inspección interna y externa del edificio. Para su realización es importante poseer la anuencia del propietario y sólo es necesaria la presencia del (los) profesional(es) experto(s) en el tema quien con la simple observación va calificando cada uno de los puntos por evaluar según el contenido del formulario.

#### 4.7.4 Interpretación de los puntajes

Uno de los asuntos más difíciles perteneciente a este método es responder a la pregunta ¿Cuál es el puntaje aceptable? Pueden adoptarse los porcentajes mostrados en la tabla 4.6 como una aproximación para calificar aquellos edificios que tendrán un adecuado comportamiento frente a un sismo y aquellos que podrían ser peligrosos y deberían tener un estudio adicional. Al obtener los porcentajes para las condiciones respondidas con la opción “No Aplica” no se consideraran al momento de calcular el porcentaje de condiciones cumplidas.

**Tabla 4.6** Porcentaje de cumplimiento de requisitos

% de cumplimiento	Comportamiento	Evaluación adicional
< 30%	Deficiente	Nivel 3
31-60%	Regular	Nivel 2
61-80%	Bueno	Nivel 2
81-100%	Muy Bueno	No es necesaria

#### 4.8 Fase de evaluación (Nivel 2)

El objetivo de la Fase de Evaluación (Nivel 2) es la evaluación específica de deficiencias potenciales para determinar si es necesario establecer acciones correctivas específicas para mejorar el nivel de seguridad del edificio. Dependiendo del tipo de edificio, los análisis en esta etapa de evaluación pueden ser sólo de las deficiencias encontradas o del edificio completo. Por lo anterior, antes de comenzar con la evaluación en un Nivel 2 se deben completar las listas de evaluación de chequeo rápido (Nivel 1) que correspondan.

Para los edificios designados como Nivel 2 en la tabla 4.6 es necesario realizar el análisis y evaluación del sistema que resiste las fuerzas laterales y establecer si presenta un comportamiento adecuado. Para todos los demás tipos de edificios, el evaluador puede escoger entre realizar el análisis y evaluación de las deficiencias encontradas en la Fase de Chequeo Rápido o del sistema completo.

Los análisis que se realicen en esta Evaluación Nivel 2 serán del tipo lineal y según sean las características de la estructura de que se trate, ésta podrá analizarse por sismo mediante el método simplificado, el método estático o uno de los dinámicos que se contemplan en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo del RCDF-2004, con los criterios y limitaciones que ahí se establecen. En caso de utilizar algún procedimiento o criterio de análisis especial no contemplado en las normas, deberá estar plenamente justificado y ser congruente con éstas.

En caso de existir una deficiencia al final de esta etapa de evaluación, el evaluador podrá escoger entre terminar la evaluación y reportar las deficiencias o realizar una Evaluación Detallada Nivel 3.

#### **4.9 Fase de evaluación detallada (nivel 3)**

Métodos más complejos exigen un análisis más detallado del edificio y, por tanto, consumen más tiempo. El tipo de procedimiento de análisis en este nivel es no-lineal (estático y dinámico).

**Procedimientos de Análisis Estático No-Lineal:** En estos métodos se usa un diagrama de capacidad (pushover) en el que se incorporan directamente las propiedades no lineales de esfuerzo deformación de elementos individuales. El desplazamiento real inelástico máximo demandado por el sismo se obtiene usando el diagrama pushover y espectros de respuesta (equivalente elástico con altos amortiguamientos o espectros inelásticos). La ventaja de estos métodos es que se tienen en cuenta directamente los efectos de la respuesta no lineal del edificio, sin embargo, solo se usa el primer modo y por tanto, su aplicación para edificios con otros modos importantes o irregulares es limitada. Como ejemplos se tiene el método del espectro de capacidad (ATC-40, 1996), el método de los coeficientes de desplazamiento (FEMA 356, 2001).

**Procedimiento de Análisis No-lineal Dinámico:** En este procedimiento el edificio se representa como en el anterior, incluyendo las características inelásticas de los elementos. La principal diferencia es que el sismo se modela mediante un acelerograma completo haciendo un análisis paso a paso en el tiempo. Este es el análisis más sofisticado para encontrar las fuerzas y deformaciones de los elementos del edificio, no obstante, estas demandas son muy sensibles a la forma del acelerograma y por esta razón debe calcularse para varios sismos diferentes. Su aplicación actual es para investigación con el objetivo de simular el comportamiento de un edificio ante un sismo con el mayor detalle posible. Generalmente se requiere de programas no comerciales como Idarc-2D, Idarc-3D, Drain-2dx etc.

Además, se requiere de información lo más precisa posible sobre las características de la estructura. Si no existen documentos disponibles se tendrá que realizar un levantamiento definiendo las características del sistema resistente a analizar. Para conocer con detalle esta información es necesario recurrir a pruebas destructivas y no destructivas. Entre las propiedades a conocer se encuentran: la resistencia de todos los materiales que participan en el sistema resistente a cargas laterales del edificio, el deterioro que han sufrido estos materiales, la composición y configuración de todos los componentes estructurales primarios y las condiciones en las que se encuentra y funciona el sistema estructural sismorresistente.

## CAPÍTULO 5

### APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES EXISTENTES

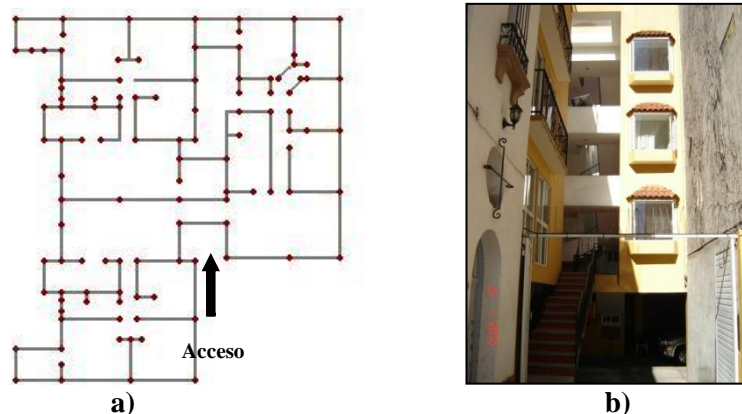
#### 5.1 Aplicación 1: Edificio Juan de la Barrera

##### 5.1.1 Descripción del edificio

**Fecha de construcción: 2004**

**Ubicación:** No se indica la dirección de este edificio ya que el objetivo del trabajo no es señalar ningún caso en particular. De acuerdo con la clasificación sísmica del DF, el inmueble se encuentra desplantado dentro de una zona sísmica catalogada como IIIa.

**Características generales y estructurales:** El predio cuenta con dimensiones en planta 19.8 m x 22.00 m para un área aproximada de 435.60 m<sup>2</sup>, donde está construido un edificio de 5 niveles, de los cuales el primero se destina a estacionamiento, 3 niveles para departamentos y azotea. La construcción se inicia a nivel de banqueta; en este caso la cimentación está resuelta a base de un cajón de cimentación, losa de cimentación de concreto armado, con  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  y con un agregado máximo de 2 cm (3/4 de pulgada), apoyada con contratrabes invertidas que se apoyan en el estrato resistente y dados de concreto. El muro perimetral es de 20 cm de espesor y su base se encuentra integrada a la losa de cimentación del inmueble. A partir del nivel de estacionamiento, el inmueble está estructurado a base de columnas, traveses y muros en su perímetro de concreto armado. En los niveles que van de 1 al 3 está constituido a base de muros de tabique rojo recocido con un espesor de 12 cm como sistema estructural ante cargas verticales y laterales. Los muros están confinados por castillos y traveses de cerramiento de 15 X 30 cm. Para el sistema de piso, cuenta con viguetas y bovedillas de 20 cm de espesor con 5 cm de espesor de capa de compresión, mientras que para la planta de estacionamiento existe losa reticular con un peralte total de 30 cm. Una vista en planta y la fachada del edificio se muestran en las figuras 5.1a y 5.1b.



**Figura 5.1** a) Vista en planta primer nivel, b) Fachada principal

##### 5.1.2 Nivel de Sismicidad

El edificio se desplanta en suelo de zona IIIa, por lo tanto se sitúa en sismicidad alta.



### 5.1.3 Tipo de Edificio

Según la tabla 4.4 del capítulo 4 el edificio corresponde al edificio tipo M1.

### 5.1.4 Selección de listas de control (Formularios)

Para región de sismicidad alta se tiene las siguientes listas:

- Estructural básica.
- Estructural adicional.
- Riesgos geológicos y de cimentación.
- No estructural básica.
- No estructural adicional.

### 5.1.5 Resultados edificio Juan de la Barrera, tipo M1

Las tablas siguientes condensan los resultados del cumplimiento de cada de las interrogantes de las listas de control para edificio tipo M1.

**Tabla 5.1** Resultados lista chequeo rápido de elementos estructurales

CONCEPTO	C	NC	NA
<b>Sistema de construcción</b>			
Trayectoria de las cargas		✓	
Separación de edificios colindantes		✓	
Mezanine			✓
Piso débil		✓	
Piso blando		✓	
Irregularidad vertical geométrica	✓		
Esbeltez en planta	✓		
Discontinuidad vertical		✓	
Masas	✓		
Daños en elementos de madera			✓
Elementos de mampostería		✓	
Unión de los elementos de mampostería		✓	
Grietas en muros		✓	
<b>Sistema resistente a carga lateral</b>			
Diafragma rígido		✓	
Redundancia	✓		
Esfuerzos cortantes		✓	
Acero de refuerzo en muros reforzados			✓
Aparejo	✓		
<b>Conexiones</b>			
Anclaje de muros		✓	
Transferencia de fuerzas laterales a los muros	✓		
Refuerzo en muros		✓	
Conexión viga principal/columna		✓	

**Tabla 5.2** Resultados lista de chequeo complementaria de elementos estructurales

CONCEPTO	C	NC	NA
<b>Sistema resistente a carga lateral</b>			
Refuerzo en aberturas		✓	
Proporción	✓		
Longitud de traslapes		✓	
Ubicación de traslapes		✓	
Malla de alambre soldado			✓

**Tabla 5.2** Resultados lista de chequeo complementaria de elementos estructurales (*Continuación*)

CONCEPTO	C	NC	NA
<b>Diafragma</b>			
Castillos	✓		
Dalas transversales	✓		
Aberturas adyacentes en muros			✓
Irregularidad en planta		✓	
Refuerzo en aberturas del diafragma			✓
Entablado de techo recto			✓
Claros			✓
Cubiertas de losas	✓		
Apoyos vigueta y bovedilla	✓		
<b>Conexiones</b>			
Largueros de madera			✓
Conectores del sistema de piso	✓		
Rigidez de los conectores de muros de mampostería			✓

**Tabla 5.3** Resultados lista de chequeo de riesgos geológico y de cimentaciones

CONCEPTO	C	NC	NA
<b>Riesgos geológicos</b>			
Deslizamientos	✓		
Superficie de ruptura	✓		
<b>Estado de la cimentación</b>			
Estado de la cimentación	✓		
Deterioro		✓	
<b>Capacidad de la cimentación</b>			
Cimentación con pilotes		✓	
Unión entre los elementos de la cimentación	✓		
Cimentaciones profundas			✓
Lugares con pendiente			✓

**Tabla 5.4** Resultados lista de control de chequeo de elementos no estructurales

CONCEPTO	C	NC	NA
<b>Divisiones</b>			
Mampostería no reforzada ni confinada			✓
Integridad estructural			✓
Volteo			✓
<b>Cielos rasos</b>			
Cielo raso suspendido			✓
Baldosas en techos suspendidos			✓
Soporte			✓
Placas de yeso para falso plafón			✓
<b>Artefactos de iluminación</b>			
Apoyos colgantes o suspendidos	✓		
Alumbrado de emergencia			✓
<b>Revestimiento de acero y de vidrio</b>			
Conectores en revestimiento de acero			✓
Insertos			✓
Ventanas	✓		
Paneles de vidrio		✓	
Rotura de vidrios	✓		
<b>Revestimiento de mampostería</b>			
Soporte con ángulo de acero			✓
Ornamentación pesada			✓
<b>Parapetos, carnizas, ornamentos y apéndices</b>			
Parapetos de mampostería no reforzada (pretiles)		✓	
Aleros			✓

**Tabla 5.4** Resultados lista de control de chequeo de elementos no estructurales (*Continuación*)

CONCEPTO	C	NC	NA
<b>Escaleras</b>			
Detalle de escaleras	✓		
Barandal	✓		
Recubrimientos	✓		
<b>Mobiliario</b>			
Muebles altos y estrechos		✓	
<b>Equipo eléctrico y mecánico</b>			
Equipo de emergencia	✓		
Equipo pesado	✓		
<b>Tuberías</b>			
Tuberías para extinción de incendios			✓
Acoplamiento flexible	✓		
<b>Materiales peligrosos de almacenamiento y distribución</b>			
Sustancias tóxicas			✓

**Tabla 5.5** Resultados lista de chequeo complementario de elementos no estructurales

CONCEPTO	C	NC	NA
<b>Divisiones</b>			
Divisiones		✓	
Parte superior			✓
Separación de elementos estructurales	✓		
<b>Cielos rasos</b>			
Bordes			✓
Tuberías de instalaciones en falso plafón			✓
Rigidez horizontal			✓
<b>Dispositivos de iluminación</b>			
Apoyos colgantes			
Difusores	✓		
Rigidez horizontal	✓		
<b>Revestimiento de mampostería</b>			
Mortero	✓		
Corrosión			✓
Revestimiento de piedra			✓
Grietas			✓
Soleras montantes			✓
<b>Parapetos, carnizas, ornamentos y apéndices</b>			
Parapetos de mampostería no reforzada (pretilas)		✓	
Apéndices	✓		
<b>Mobiliario</b>			
Armarios para archivos (archiveros)			✓
Cajoneras (armario de cajones)	✓		
<b>Equipo eléctrico y mecánico</b>			
Equipo pesado	✓		
Aislador vibratorio			✓
Equipo eléctrico	✓		
<b>Tuberías</b>			
Tubería de gas y agua	✓		
Válvulas de cerramiento	✓		
Abrazaderas para tuberías	✓		
<b>Ductos</b>			
Soporte en ductos			✓
Escaleras y ducto de humo			✓
Soporte en ductos			✓
<b>Materiales peligrosos de almacenamiento y distribución</b>			
Tanque de gas		✓	
Materiales peligrosos	✓		

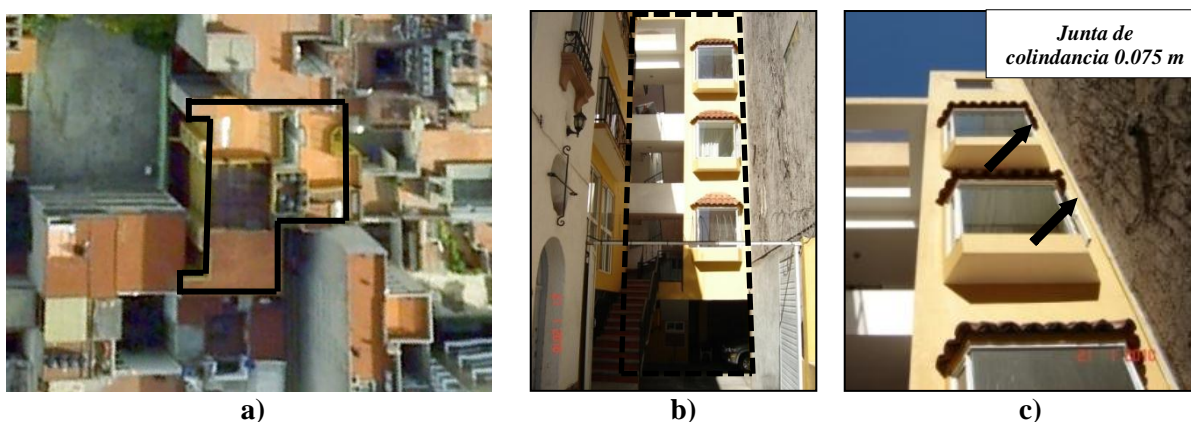
**Tabla 5.5** Resultados lista de chequeo complementario de elementos no estructurales (*Continuación*)

CONCEPTO	C	NC	NA
<b>Elevadores</b>			
Sistema de soportes			✓
Interruptores sísmicos			✓
Paredes del cubo de elevadores			✓
Sujetadores de seguridad			✓
Placas de seguridad			✓
Soportes o apoyos			✓

## 5.2 Inspección interna y externa del edificio

A continuación se resaltan los defectos encontrados en el edificio,

- 1. Configuración en planta.** La figura 5.2a muestra la configuración en planta del edificio. Esta irregularidad en planta involucra la distribución horizontal de las fuerzas laterales. De acuerdo a las recomendaciones de esbeltez en planta, se debe evitar que  $A/a > 1.0$ , donde  $A = 9.70$  m y  $a = 11.45$  m, dando una relación de 0.84. Por lo tanto cumple con el criterio de esbeltez en planta.
- 2. Irregularidad en altura.** El edificio no presenta irregularidad en elevación, figura 5.2b. Por lo tanto, no se presentarán cambios bruscos de rigidez y resistencia con la altura.
- 3. Piso débil.** La planta baja está destinada para espacio de estacionamiento, figura 5.2b. Es un piso suave, producto de la discontinuidad de los muros en la planta baja. En esta planta hay menor rigidez que las plantas superiores. La presencia de piso débil provoca que se generen fuerzas mayores en la planta flexible del edificio.
- 4. Separación de edificios colindantes.** Las edificaciones colindantes cuentan con una separación de  $7.5$  cm  $> 5$  cm. Además, se establece que no debe ser menor a  $0.012h$  (por estar en zona III), donde  $0.012 (11.60) = 13.92$  cm. No cumple.



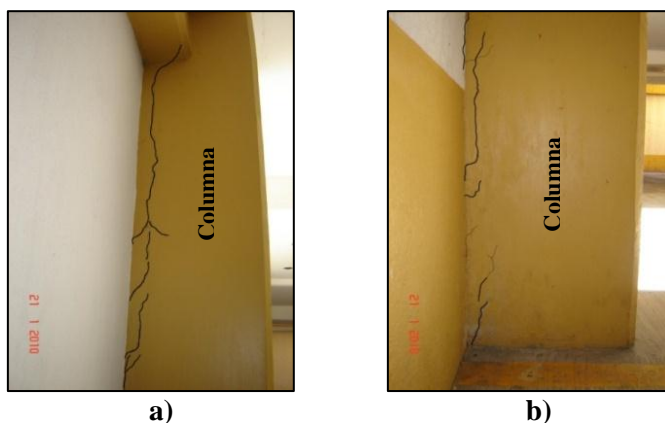
**Figura 5.2** a) Configuración en planta, b) configuración en elevación, y c) Separación de edificios colindantes

## 5. Columnas: planta baja-estacionamiento

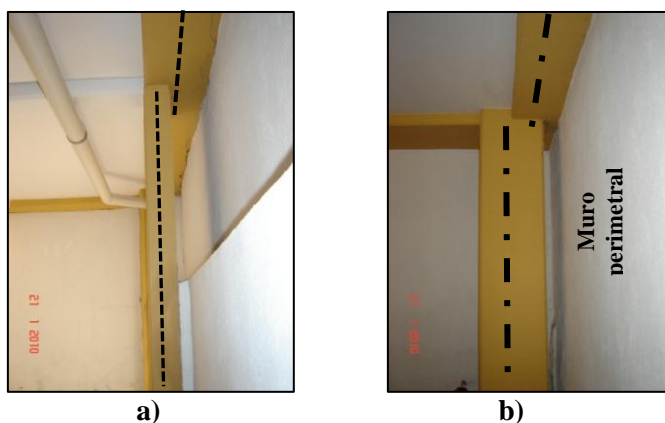
- a) Fisuras en columnas.** La existencia de grietas o fisuras en las columnas no siempre indica que ésta tenga problemas de servicialidad, sino que aquellas nos sirven para hacer un diagnóstico y buscar la causa del problema. Figura 5.3.

- b) **Alineación.** Elementos (columnas y traveses) están fuera de eje, figura 5.4. Esto complica al sistema estructural del edificio ya que en cada parte elemental de la estructura actúan fuerzas aplicadas y reactivas que sirven para conservar el equilibrio del todo.
- c) **Elementos existentes.** El elemento marcado no se encuentra en los planos, figura 5.5.

6. **Traveses: planta baja-estacionamiento.** Se observan grietas en trabe, figura 5.6.



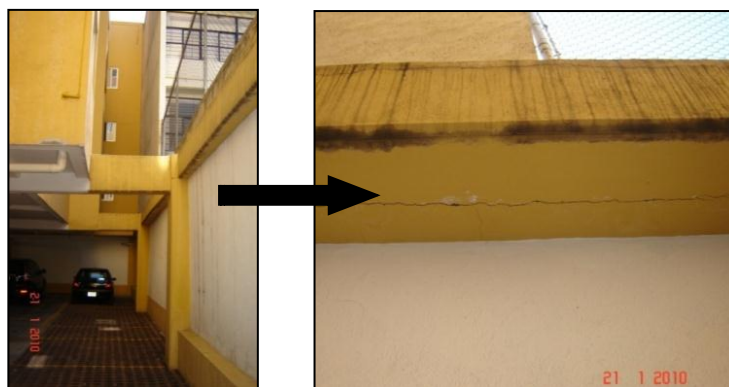
**Figura 5.3** Fisuras en columnas: a) parte superior, b) parte inferior



**Figura 5.4** Alineación: a) longitudinal, y b) cruce en esquina



**Figura 5.5** Columnas de apoyo existentes no identificadas en los planos estructurales



**Figura 5.6** Grieta en trabe en planta baja-estacionamiento

**7. Muros perimetrales colindantes: planta baja-estacionamiento**

**a) Desconchamientos:** La figura 5.7a presenta desconchamiento en muro perimetral. El daño observado se localiza en la parte inferior detrás de la columna mostrada en figura 5.4b sobre observación de alineación de elementos existentes.

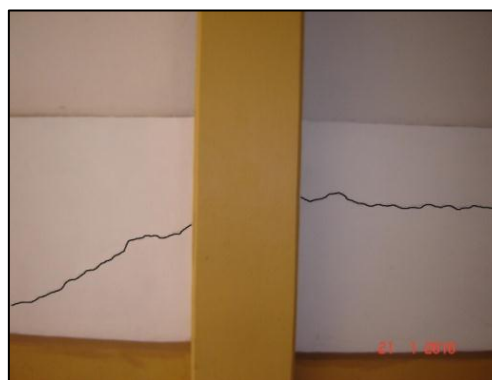
**b) Grietas:** Se observan grietas en muros perimetrales, figura 5.7b.



**a)**



**b)**



**c)**

**Figura 5.7** Muros perimetrales colindantes: a) desconchamiento, b) y c) grietas en muro perimetral

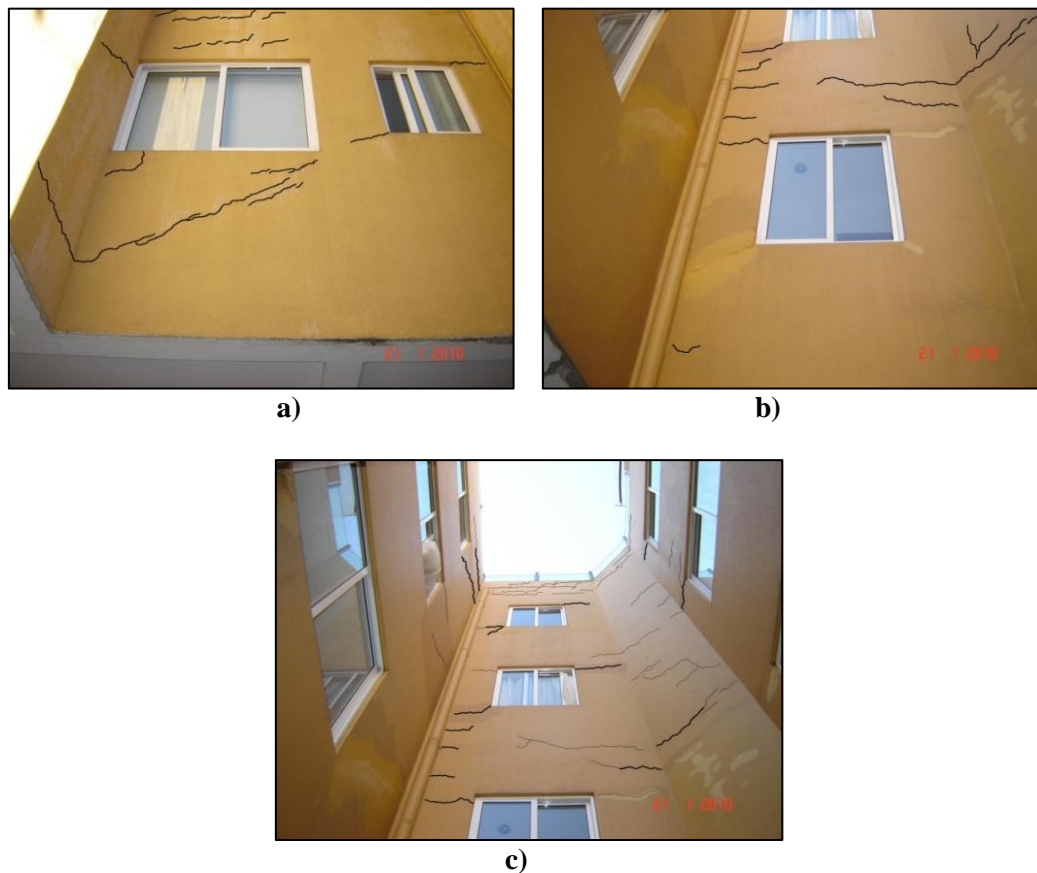
## 8. Muros de mampostería

a) Grietas en el interior del edificio, figura 5.8.

b) Grietas en el exterior del edificio. La mayoría de las grietas se observan en las ventanas como se indican en la figura 5.9.



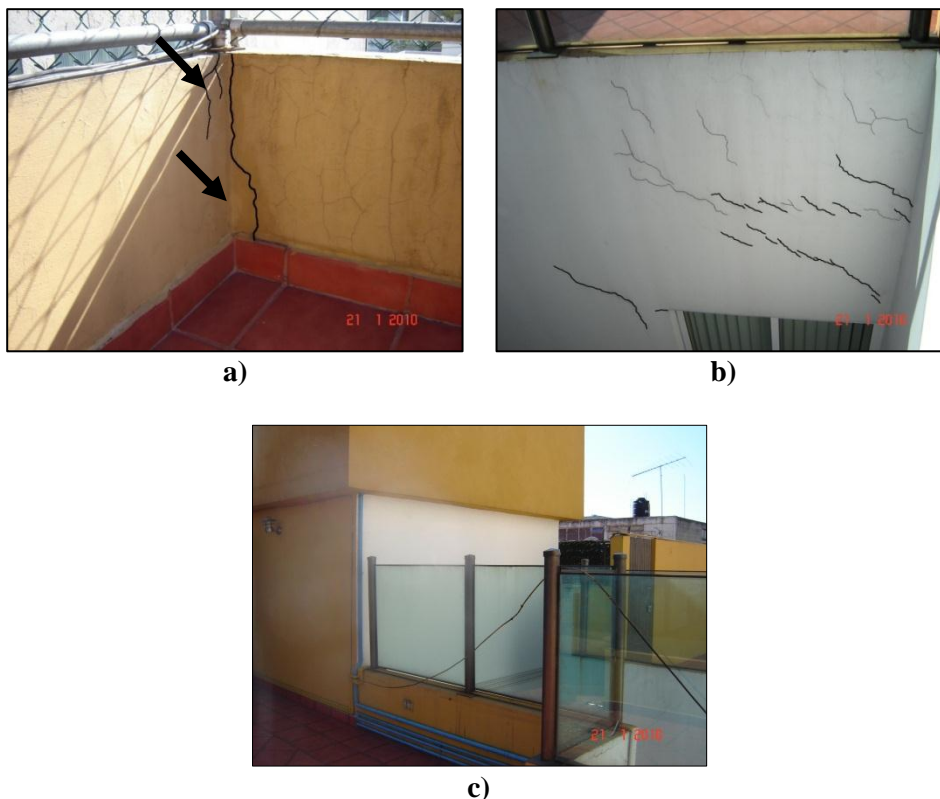
**Figura 5.8** Grietas en muros



**Figura 5.9** Muros mampostería: a) primer nivel, b) nivel 1 y 2 y c) nivel 2

## 9. Azotea

a) **Pretil.** La figura 5.10a y 5.10b muestran grietas observadas en pretil en azotea. Por otro lado, en la figura 5.10c se observa pretil con barandal de vidrio. Considerando a la altura que se encuentran, la caída de estos fragmentos en caso de ser afectado por movimientos sísmicos representan un peligro a personas ubicadas en nivel de terreno.



**Figura 5.10 Pretil:** a) grietas en pretil en esquina, b) grietas en pretil, y c) barandales de vidrio

**Tanque de gas.** El tanque de gas ubicado en la azotea (figura 5.11) no se encuentra anclado ni con ningún elemento de sujeción. Al darse un sismo puede sufrir desplazamiento, choque con otros elementos o caída y como consecuencia originar una fuga de gas y un incendio.



**Figura 5.11** Tanque de gas instalado en azotea

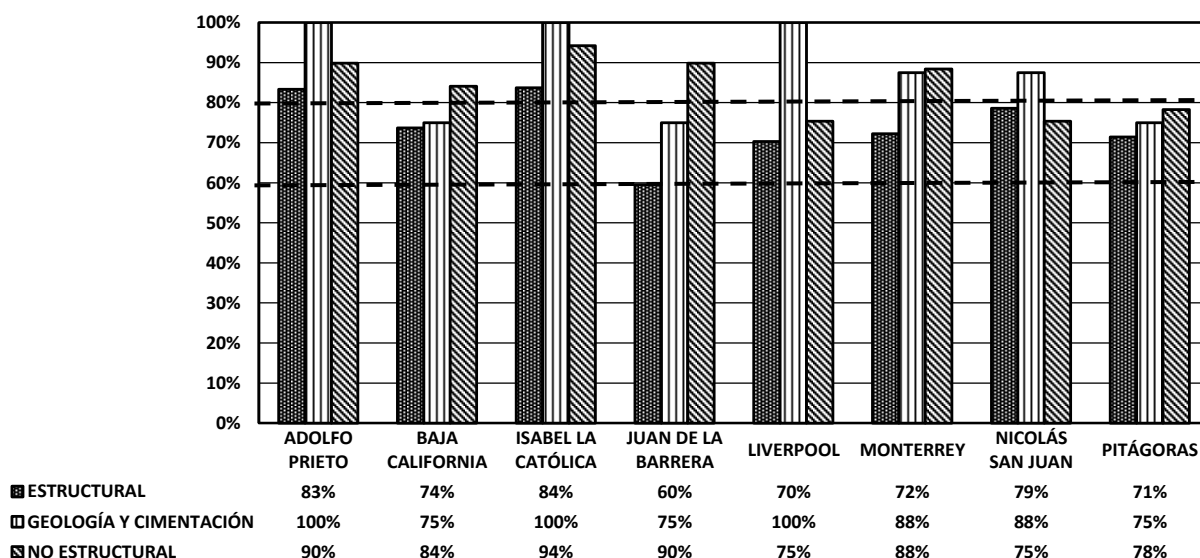


### 5.3 Resultados

La tabla 5.6 y la figura 5.12 resumen los resultados de la evaluación a ocho edificios aplicando los formatos del anexo A. Se comenta que los resultados de la figura 5.12 las condiciones respondidas con la opción “No Aplica” no fueron consideradas al momento de calcular el porcentaje de condiciones cumplidas.

**Tabla 5.6** Resultados de los requisitos contenidos en las listas de control

Clave	Edificio	Tipo	Estructural (%)			Riesgos geológicos y de cimentación (%)			No estructural (%)		
			C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA
BJ-11	Adolfo Prieto	M1	59.5	17	23.5	87.5	0	12.5	41	10	49
BJ-34	Nicolás San Juan	M1	50	21	29	50	12.5	37.5	41.5	23.5	35
BJ-54	Pitágoras	M1	50	29	21	50	25	25	26	22	52
<b>C-07</b>	<b>Juan de la Barrera</b>	<b>M1</b>	<b>31</b>	<b>40</b>	<b>29</b>	<b>50</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>62</b>
C-21	Liverpool	C1	57	30	13	87.5	0	12.5	27	25	48
C-38	Eje 2 Poniente Monterrey	C1	58	28	14	50	12.5	12.5	54	11	35
C-41	Eje 3 Sur Baja California	C1	61	26	13	62.5	25	12.5	61	16	23
C-44	Isabel la Católica	M1	63	16	21	75	0	25	33	6	61



**Figura 5.12** Cumplimiento de los requisitos de las listas de verificación

De acuerdo con la tabla 5.6 y figura 5.12, el edificio C-07 no podría tener un adecuado comportamiento sísmico, sólo cumple con el 60% de los requisitos relativos a componentes estructurales. Para el resto de los edificios, en su conjunto tienen buena resistencia, pero al no prestarles atención (grietas, acero de refuerzo, etc.) podrían perder su capacidad.

### 5.4 Resumen de los puntos de evaluación que no cumplen con los criterios de las listas

1. Trayectoria de las cargas. Edificios que incumplen este requisito complica al sistema estructural del edificio ya que en cada parte elemental de la estructura actúan fuerzas aplicadas y reactivas que sirven para conservar el equilibrio del todo.

2. Edificios adyacentes. Algunos edificios se construyeron hasta las líneas de límite de propiedad con el fin de hacer el máximo uso del espacio como si no existieran edificios adyacentes.
3. Piso débil. Gran parte de los edificios destinan espacios abiertos para estacionamientos en planta baja.
4. Irregularidad en planta. Se evidenciaron algunas
5. Masa
6. Discontinuidad vertical
7. Columnas cortas
8. Separación refuerzo transversal en columnas
9. Acero de refuerzo en muros reforzados
10. Interferencia de muros
11. Juntas sísmicas
12. Grietas en muros
13. Tanques de gas
14. Mobiliario
15. Aberturas en muros
16. Ventanas
17. Sistemas de iluminación
18. Elementos para sistema contra incendios
19. Barandales en escaleras
20. Parapetos

---

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se incluye la discusión de cada capítulo y las principales conclusiones que se obtuvieron a lo largo de este trabajo.

### Capítulo 2

Se presentó el funcionamiento del sistema de seguridad sismorresistente de edificaciones implícito en la Legislación Mexicana y el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, y el sistema básico. Del sistema básico en México se observa que el proyectista no asume la responsabilidad de la seguridad estructural. El DRO y el CSE son quienes representan un papel importante en la seguridad sismorresistente, según como se establece en el mismo Reglamento. Por tanto, ante la presencia de estas dos figuras, se cree que no hay necesidad de una revisión independiente o la existencia de un organismo para tener un control de la seguridad estructural sísmica de edificios, dado al hecho de que el CSE es quien hace el diseño estructural y otras obligaciones según correspondan en su intervención profesional.

Además, se discutió que las personas (físicas o morales) como el propietario, el constructor y el proyectistas, el Reglamento no les asigna responsabilidades similares al DRO creando así un desbalance, y en el peor de los casos, por las responsabilidades que otros no cumplieron la autoridad está en poder de sancionar al DRO. Sin embargo, esto no es una novedad, siempre se habla y se seguirá hablando sobre las responsabilidades, la situación actual de la práctica profesional (los roles de los profesionales) y la ética aplicada en la ingeniería estructural. Pero se trata, sin dudas, de temas por lo menos controvertido, sino polémico, ya que hace referencia, el segundo a una problemática que sigue presentándose hasta nuestros días, mientras el tercero de conceptos difíciles de asir (por la carga de subjetividad que conlleva) y más aún de aplicar bajo criterios uniformes.

Es de especial interés que se revisen las prácticas profesionales ya no solo en Ingeniería Estructural, si no también, en la Arquitectura y en todas las demás ingenierías, para que con la correcta coordinación entre los encargados de los distintos aspectos de un proyecto se obtengan planos ejecutivos o constructivos con el nivel de detalle requerido.

Se documenta el sistema empleado en otros países como Chile, Japón, y Estados Unidos (California) para el control de la seguridad estructural de las construcciones. Las normatividades vigentes de estos países, caso diferente en México, asigna responsabilidades a cada una de las personas involucradas, según la actividad profesional que realicen, logrando así un balance entre la autoridad y las personas (físicas o morales). Dentro de las actividades para la seguridad estructural y sísmica de las edificaciones, existen instituciones para lograr ese objetivo: el Instituto de la Construcción en Chile, el Japan Building Center en Japón y la DSA/SSS en Estados Unidos (California). Estas instituciones constituyen un papel importante en el cumplimiento de los códigos de construcción y la supervisión de una construcción desde el diseño ejecutivo hasta la recepción de una obra. Esto es una de otras diferencias donde México no cuenta con un organismo similar para el Control de Seguridad Estructural.

Otra de las actividades, que actualmente realizan las instituciones de los otros países y muy poco en México, es la capacitación continua, la certificación, la evaluación de la experiencia profesional, de sus conocimientos y su capacidad para hacer frente a las responsabilidades asignadas, para coordinar los nuevos sistemas de construcción y control de la seguridad y calidad.

Después de revisar la literatura de cómo otros países están verificando la observancia, tal vez resulta necesario instituir algún sistema similar a los ya existentes, cuyo objetivo sea controlar las actividades de los Directores Responsables de Obra y de los Corresponsables, la revisión y supervisión estructural, la acreditación y certificación. Sin embargo, antes de proponer alguna institución o algún modelo similar a los documentados, en primer lugar es conveniente conocer el grado de observancia del Reglamento de Construcciones y sus Normas Técnicas Complementarias y así tener bases más firmes que permitan tomar decisiones de la situación actual.

### Capítulo 3

El objetivo del estudio fue evaluar en forma rápida el estado de cumplimiento de la legislación y normativa de las viviendas entregadas durante el 2004. Esto se ve acrecentado porque las Delegaciones no permiten el acceso a la documentación que conforman las especificaciones técnicas de las viviendas, como planos de estructura, arquitectura, etc. No obstante, se sabe por experiencia que los problemas no se encuentran en la documentación sino en la ejecución de las obras. Sin embargo, las mediciones permiten concluir de buena manera el estado en materia de legislación y normativa de las viviendas evaluadas.

De una inspección de banqueta a 150 edificios se tienen los siguientes resultados:

1. El 61% de los edificios se presentan piso débil, lo que indica que la práctica de construir con esta deficiencia estructural es cada vez más común en una ciudad ávida de espacio para estacionamiento y comercios.
2. Más de la mitad (57%) tiene posibilidad de presentar golpeteo.
3. El 18% presenta columnas cortas y que una cuarta parte presentan ubicación y configuración de edificio en esquina (irregularidad en planta de resistencias de elementos verticales).

Los resultados obtenidos con estas inspecciones son en sí alarmantes. Aunque se conozca que es desfavorable la presencia de piso débil para la distribución dinámica de rigideces, resulta claro que se construyen muchos edificios con plantas bajas débiles, muy pegados entre sí (golpeteo), con columnas cortas y con configuraciones irregulares en planta. El diseño de edificios con estas características es una responsabilidad compartida entre ingenieros estructurales, arquitectos y demás. Es necesario enfatizar lo que se comparte en cuanto a las relaciones físicas entre las formas arquitectónicas y los sistemas estructurales resistentes, y sería ideal que la comprensión de estas relaciones estuviera presente en cada uno de los ingenieros estructuralistas, arquitectos y propietarios para dar solución a complejas, ambiguas y peligrosas condiciones técnicas que dificultan el diseño de edificaciones.

De una muestra de veinte edificios elegidos al azar, se revisa una serie de preguntas relativas a la información contenida en los documentos, sondeando algunos requisitos que por lo menos deben contener para considerarse como completos y aceptables. De las estadísticas del análisis y estudio de los documentos se concluye lo siguiente:

1. El 20% de las memorias y 15% de los planos de los edificios construidos a partir del 2004 no es posible ni siquiera consultarlos porque no existen.
2. Casi una cuarta parte (23%) de las memorias contienen una descripción aceptable de la estructuración del edificio y estimación detallada de las cargas.
3. En el 15% se identifica con claridad al DRO y al corresponsable estructural.
4. En una cuarta parte se determina el cortante basal, en casi la mitad no se especifican los parámetros del espectro de diseño, ni siquiera en uno de cada diez se indican las distorsiones de entrepiso y en ninguna se presenta con claridad la modelación sísmica ni el método de análisis.

5. Solo el 25% de la información contenida en los planos coincide con lo presentado en las memorias de cálculo.

Con estas primeras estadísticas, análisis y recopilación de información a través de la Delegación, se concluye que las dependencias de gobierno cuentan con información preliminar y que poco sirve para evaluar estructuras existentes (no se describen resultados que permitan determinar el comportamiento de la estructura). En principio, cuando se ingresa una manifestación de construcción el diseñador responsable del diseño estructural presenta a la autoridad una memoria técnica de diseño así como original y copia del juego completo de planos estructurales. Sin embargo, estos documentos en sí no son los del proyecto final; peor aún, que no se requiere ni siquiera presentar estos documentos porque el Director Responsable de Obra no está obligado, a partir del 2004, a entregar esta información a las oficinas de la delegación.

Se realiza una revisión de estados límite a 12 edificaciones de las que se contaba con información sobre la geometría y planos del edificio. Los resultados de los estados límite de servicio indican que el 75% de los edificios estudiados lo cumplen, mientras que para el estado último sólo el 33% de los edificios los satisfacen. Esto en teoría podría reflejarse en mal comportamiento ante sismos de baja intensidad que supuestamente no deberían causar daños a las estructuras ni sus contenidos. En las visitas internas se observan algunos defectos como grietas en acabados y elementos estructurales lo cual podría agravar el comportamiento de estos elementos. Para una tercera parte de estos está en riesgo su integridad ante un evento sísmico muy intenso. Estos resultados no son concluyentes pues están basados en información preliminar y con algunas suposiciones aproximadas consideradas para su análisis, pero dan una idea de la calidad de las construcciones que se han erigido en la ciudad de México en los años recientes.

Los resultados dejan dudas respecto al cumplimiento de la observancia del Reglamento (por la escasa información) y del estado actual de las estructuras estudiadas (si realmente podrían estar en riesgo). En particular, es necesario estudiar y consultar las memorias y planos definitivos con la esperanza de realizar análisis más detallados y obtener resultados que permitan explicar las condiciones irregulares obtenidas en la primera parte.

Nuevamente se sigue un procedimiento similar, pero con la diferencia que se recopila la información del proyecto estructural de la obra supervisada por el DRO y/o CSE. De esto se comenta lo siguiente:

1. Sólo el 40% del total de la muestra de 20 se consigue información relativa a memorias y planos estructurales; en el 30% no hubo respuesta de las solicitudes hecha al DRO.
2. En dos de los veinte edificios el DRO no proporciona información y argumenta que toda información la posee el dueño (incumplimiento del Art. 35, fracción VII, que establece que el DRO debe conservar un juego de copias del proyecto final).

De la revisión de las memorias y planos estructurales en ocho edificios se concluye que en cinco de ellos la información es similar a la entregada por las delegaciones. Los otros tres resultan diferentes por contar con mejor detalle de la información estructural que no se pudo conseguir en la primera parte del estudio.

Se realiza la extracción de corazones de concreto y escaneo en los elementos de concreto armado por personal especializado del Instituto Mexicano del Concreto y del Cemento A.C. Con esto se verifica si el concreto y detalle del armado estructural cumple con lo establecido en los documentos técnicos y/o planos estructurales. De los veinte edificios sólo en ocho hubo respuesta e interés para realizar las pruebas de campo. En uno de ellos no es posible realizar la extracción de núcleos de concreto y el

escaneo de elementos con refuerzo estructural por contar con estructuración a base de muros de mampostería. De estas pruebas se comenta lo siguiente:

1. A partir de los resultados leídos en las pruebas de laboratorio en siete edificios se destaca que en todos los casos (100%) el material cumple con los criterios de evaluación del concreto estructural relacionados con la resistencia a la compresión, en tres edificios (43%) hay concordancia con la calidad del concreto (Clase I o Clase II) establecido en los planos y lo obtenido en las pruebas.
2. De acuerdo con los resultados de escaneo desarrollados en campo se verifican casi en su totalidad los niveles de armado especificados en el plano estructural. En la columna estudiada del edificio “Liverpool” se observan recubrimientos excesivos del acero de refuerzo longitudinal llegando a valores de hasta 7.5 cm. Lo mismo se observa para el caso del edificio “Nicolás San Juan” con recubrimientos excesivos del acero de refuerzo transversal de la parte inferior de la cara oeste, alcanzando los 7.0 cm.

Nuevamente se hace revisión de estados límite a trece edificaciones de las que cuentan con información disponible sobre la geometría del edificio y de los resultados de la pruebas de concreto. De esta revisión se tiene que de los trece edificios siete (54%) no cumplirían el estado límite de servicio y nueve (69%) no cumplirían con el estado límite de falla. Para el caso del edificio Juan de la Barrera se logra observar que las distorsiones obtenidas llegan a exceder hasta en un 50% las establecidas en el Reglamento y en el 40% de sus elementos resistentes no cumplen con la resistencia necesaria. Además, en las pruebas de campo se observa que actualmente este edificio ya presenta daños en algunos elementos estructurales.

Los resultados demuestran que a pesar de contar con un reglamento de construcciones moderno existen evidencias que indican que algunas estructuras construidas recientemente podrían tener un riesgo inaceptable. Esto se debe en gran medida a la impunidad, al no verificarse de ninguna manera que el análisis y diseño del edificio cumpla con lo que se establece en el reglamento; peor aún, no se entrega información completa y suficiente para conocer las consideraciones de análisis y diseño finales utilizados por el calculista. Anteriormente se comentó que de los requisitos necesarios para considerar como aceptables y completos las memorias de cálculo y planos estructurales, se obtuvo que la cuarta parte de la información plasmada en los planos coincide con las memorias de cálculo. Con estos resultados hace pensar que el procedimiento de análisis y diseño de edificios nunca existió, y si fuera poco, en el mejor de los casos la información recopilada no resultó útil y completa para la verificación del análisis y diseño.

De la revisión sobre el contenido de los documentos, la primera con información proporcionada por las delegaciones y la segunda con información entregada por el DRO y CSE, los resultados son similares, pues tan sólo tres de ocho edificios resultaron ser diferentes por contar con mejor detalle de la información estructural. Esto se refleja por la falta de un control y registro de las modificaciones y/o alteraciones que sufren las construcciones durante la ejecución del proyecto y en toda su vida útil. En consecuencia, cuando se requiera evaluar la seguridad sísmica de un edificio va resultar sumamente costoso.

Considerando que los problemas no se centran en la documentación sino en la ejecución de obra, resultados de pruebas de campo indican que las propiedades de los materiales empleados en la construcción difieren con los valores de la memoria de cálculo. Se reconoce que el resultado final, de emplear valores diferentes de las especificaciones de los materiales, influye en el comportamiento de la estructura. Sin embargo, un comportamiento inadecuado no sólo se reflejaría por emplear diferentes valores en el análisis y diseño, sino también al detalle final de los elementos estructurales que integran la estructura. No es lo mismo los resultados que consigue obtener el proyectista con los que se obtienen

ya cuando se han presentado cambios, modificaciones y omisiones en las variables necesarias para estudiar el análisis y comportamiento estructural de un edificio.

Por tratarse de un estudio relativo a la seguridad estructural, en la mayoría de los casos fue poco el interés por parte de la sociedad en general. Los administradores niegan el acceso a sus propiedades, algunos DRO no responde la solicitud.

Nuevamente se toma la importancia de discutir la actividad de los profesionales involucrados. Primero se destaca la actividad del DRO y de las Autoridades delegacionales que no toman con seriedad de hacer el trabajo completo, y la información entregada a la administración se autoriza incompleta, sin proyecto ejecutivo terminado. Una observación muy importante del estudio de los edificios de la muestra de veinte edificios es que en cada uno de ellos figura el DRO. Si con la intervención de este profesional para obras importantes existe problema con la observancia, entonces qué pasa con aquellas obras donde el RCDF establece que para obras públicas no se requiere la intervención del DRO y ni siquiera se requiere obtener una licencia de construcción.

En segundo lugar, se destaca la relación del DRO con la reglamentación vigente y con las personas físicas y morales involucradas en el sector de la construcción. Estos últimos son el propietario, el proyectista, el calculista, el contratista, el supervisor (nótese que es el sistema básico que se discutió en el capítulo 2). Cada uno de ellos deben cumplir con los ordenamientos legales según le correspondan: el proyectista debe cumplir con la normatividad vigente en la elaboración de un proyecto ejecutivo, el calculista tiene como responsabilidad de la seguridad estructural, el contratista con la responsabilidad de ejecutar bien el trabajo y cumplir todo el proceso constructivo con todos los conceptos que llevaron al proyectista a proponer el proyecto, y el supervisor, responsable de vigilar que se apliquen todos los lineamientos del proyecto ejecutivo. Desafortunadamente, el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal le asigna al DRO todas las responsabilidades consiguientes y la coordinación de este sistema básico para obtener la seguridad estructural en las construcciones. Además, se apoya de Corresponsables especializado en cinco áreas. Entonces, por definición es el coordinador general, el encargado del cumplimiento de la normatividad vigente, revisa que se cumplan los requisitos y el ordenamiento de los cumplimientos legales y técnicos de la obra. Todo esto resulta una carga muy pesada para el DRO, que lamentablemente no cuenta con capacidad jurídica para sancionar aquellos que infringen la ley; peor aún, la autoridad puede sancionarlo por la responsabilidad de otros que no cumplieron (*p.e.* el calculista cuando no toma en cuenta las consideraciones establecidas en las normas, el contratista cuando no ejecuta bien el trabajo, etc.).

Por los bajos honorarios que recibe este profesional, “auxiliar de la administración”, algunos no participan en toda la obra. En algunos casos puede presentarse el cobro por tan sólo la firma de documentos y trámites de los mismos, los que la sociedad los identifica como los “falsos firmones”. La existencia de “firmones” que no cumplen con su responsabilidad y que pueden estar protegidos por algún mal funcionario (compadrazgos, amistades, influencias, etc.) resulta muy exagerado. Sin embargo, no todos son así, porque si así lo fueran, ya se observarían muchas construcciones deficientes y no serían capaces de hacer frente a sismos intensos. De hecho, en el manual publicado por la Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra se establecen los tiempos que debe dedicar a cada una de las actividades encomendadas al DRO y una propuesta de la percepción de los honorarios según la actividad que se realice.

Actualmente existe una fuerte tendencia por parte de los inversionistas de contratar servicios del DRO al menor costo (sueldos muy bajos) que en cierto grado las estructuras estarían en manos de profesionistas de bajo perfil técnico. Este problema puede representarse del siguiente modo cuando un cliente busca un servicio barato, rápido y bueno, es decir, un servicio bueno y rápido no será barato, un trabajo bueno y barato no será rápido, y un trabajo rápido y barato no será bueno. De estas tres

combinaciones, la última no es recomendable, pero en términos monetarios y tiempo se termina decidiendo por esta opción. Esta es una forma de ejemplificar que el problema no es transparente por parte de los inversionistas, clientes y/o propietarios.

En algunos casos se llega a nombrar funcionarios de manera improvisada e insuficiente para vigilar el cumplimiento del ordenamiento legal y con esto se justifica la aplicación inadecuada de la normatividad. El reglamento establece de forma clara la amplia gama de responsabilidades sobre la función que se debe cumplir y las sanciones por el incumplimiento de ellas ya que no se puede permitir incurrir faltas sin ser sancionado. En el sistema básico para obtener la seguridad, la Comisión de admisión de Directores Responsables de Obra y corresponsables tiene la facultad de sancionar al DRO. Con respecto a los demás, que lamentablemente se le asignan pocas responsabilidades y herramientas administrativas, quedan libres de las sanciones.

En general, las causas que han originado la actual discusión sobre la observancia de la normatividad se debe a la impunidad, la negligencia, el desconocimiento de las responsabilidades, la capacitación y actualización continua de los profesionales, en los detalles de los procedimientos legales y de construcción, entre otros. Entonces, la cuestión que se plantea es: ¿qué se puede hacer para evitar esta actual problemática que están aceptando tanto los profesionales como las autoridades y la sociedad?

En la discusión del capítulo 2 se plantea la necesidad de crear una institución independiente y especializada en la seguridad estructural con el objeto de establecer reglas y procedimientos que permitan tener un control de la seguridad estructural y sísmica de las edificaciones. La solución consiste en crear un grupo de revisores que revise las actividades del Director Responsable de Obra y del Corresponsable de Seguridad Estructural mismos que supervisan a los que tienen la responsabilidad de hacer las cosas. Si se empieza a discutir la organización de un Instituto, en un siguiente nivel se volverá al mismo problema ¿Quién revisa a los revisores de los revisores? En general, esto crea incomodidad a ciertos profesionistas al considerarlos como incapaces de cumplir con sus responsabilidades y ciertas obligaciones. A partir de entonces se genera la desconfianza por la desconfianza. A este paso resulta difícil creer que la creación de una institución no es factible como parte alternativa para la solución al problema de la observancia de la reglamentación mexicana.

Si la solución se basa específicamente en la creación de una institución, en beneficio de la Ingeniería estructural mexicana, es importante establecer el intercambio de experiencias con otros países, realizar mesas redondas para la discusión y planteamiento de criterios y mecanismos que garanticen el control de la seguridad estructural. Además, se debe contar con la participación de todos los involucrados del sistema básico (propietario, constructor, proyectista, etc.) que permita un intercambio global de opiniones, acuerdos, sugerencias y con las modificaciones finales y propuestas se logre el objetivo de crear la institución u organismo independiente de revisión estructural. La organización del instituto puede conformarse por un Director General, un Cuerpo de Revisores o Consejo Directivo y un área administrativa. Lo importante de la organización del Consejo Directivo es que tenga atribuciones para evaluar la seguridad estructural de la obra, el desempeño del DRO y CSE.

Si se considera buscar una solución a partir de las instituciones, leyes, reglamentos, códigos ya existentes (colegios, Cámaras de construcción, Normas Mexicanas, etc.), lo recomendable es crear un balance de responsabilidades entre las autoridades locales y las personas (físicas y/o morales) involucradas según su intervención profesional. Por otro lado, se indica la conveniencia de desarrollar un sistema de actualización de profesionistas: capacitación, acreditación y evaluación.

- La Contraloría General puede controlar y evaluar el desempeño administrativo de las delegaciones.



- Los colegios pueden capacitar, evaluar, actualizar y certificar a las personas físicas inscritas: el proyectista, el DRO y el CSE.
- Las Cámaras de Construcción pueden certificar a las personas morales afiliadas: proyectistas y constructores
- La Norma Mexicana NMX-C-442 certifica la supervisión. Esta Norma establece los requisitos de los servicios de supervisión y/o verificación de construcción de vivienda que presta una empresa.

## Capítulo 4

Se presentó la metodología propuesta para la evaluación de edificios existente. Tras revisar la literatura del documento FEMA-310 se observa que su aplicación es sencilla e indicativa para el estudio de edificios existente en Estados Unidos. Para cualquier evaluación práctica con este método uno tiene que tomar en cuenta ciertas consideraciones y tras un serio estudio del método para ser eficazmente aplicado (por ejemplo, la sismología es distinta con otros países).

Para efectos de la metodología que se propone se toman en cuenta las recomendaciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal vigente y así obtener un método con el objetivo de que el procedimiento a seguir y los criterios descritos en los formatos se utilicen para calificar el cumplimiento de las características, recomendaciones y parámetros que fueron usados por los diseñadores en el diseño de un edificio.

Por lo que resultará atractivo, en la práctica, para muchos edificios en donde no se cuenta con documentos técnicos y se desea conocer una aproximación de los defectos más comunes que afectan su comportamiento en zonas sísmicas. Aunque se establece como requisito principal la disposición de la documentación técnica, las alternativas propuestas como el sitio de visita y pruebas de campo, siempre y cuando se cuenten con los permisos y recursos, solucionan el problema para obtener datos cercanos al usado en obra.

## Capítulo 5

De los 20 edificios elegidos al azar, 8 de ellos pudieron ser evaluados satisfactoriamente con las listas de verificación preliminar. La razón por la cual los 12 restantes no fueron evaluados tiene que ver con la imposibilidad de acceder al edificio de vivienda.

El edificio que más destaca en el incumplimiento de los requisitos, es el edificio C-07. Este edificio cumple con el 60% de los requisitos establecidos en las listas. Además, en el reporte de inspección interna, presentado en el capítulo cinco, se observaron una serie de deficiencias tales como la alineación de elementos estructurales, agrietamientos, fisuras, problemas de humedad, entre otros, que incluso podrían tener consecuencias catastróficas durante algún evento sísmico de intensidad alta. Conforme al procedimiento de la metodología propuesta, se requiere un estudio de nivel 2 para verificar su capacidad portante y de la aptitud al servicio. En el capítulo 3, sobre la revisión del estado límite de servicio y último, se indica que no cumplen con los límites establecidos. Lamentablemente no se dispone con información actualizada para su verificación con la pruebas en campo; de acuerdo con los planos se tiene un recubrimiento de 2.5 cm que no se aproxima con el promedio obtenido en prueba de escaneo (4-5 cm).

La revisión edificaciones existentes, como es el caso de Juan de la Barrera, debe abordarse desde un punto de vista global que considere los criterios físicos (estructural, no estructural) y funcional ya que

los resultados obtenidos no son satisfactorios. En otras palabras, es necesario promover el desarrollo de estudios a nivel detallado del comportamiento sísmico de edificaciones existentes que evidencien deficiencias y se recomiende un estudio definitivo y de ser posible algunas alternativas (reforzamiento, reestructuración, etc.) en pos de obtener un adecuado comportamiento sísmico (por ejemplo, reforzar los muros de tabique rojo recocido con malla electrosoldada para darle mayor ductilidad y resistencia al corte ante cargas sísmicas)

Es importante destacar que de los edificios evaluados, el 100% presentó algún tipo de incumplimiento. El incumplimiento de estos requisitos llama fuertemente la atención que algunos obedecen a criterios de estructuración, de funcionalidad y seguridad para el usuario, como son: irregularidad en planta, irregularidad vertical geométrica, piso débil, piso blando, esbeltez en planta, elementos no estructurales (parapetos, ventanas, escaleras, etc.), instalación de equipos, entre otros. Todos ellos pueden traer consecuencias peligrosas para los usuarios de las viviendas. Un aspecto secundario, evidenciado durante la inspección visual interna con los propietarios, pero que más llamó la atención, es la gran insatisfacción de los clientes del edificio Juan de la Barrera, en relación a las deficiencias ya existentes en el edificio. Las demás observaciones también son de carácter funcional y obedecen a la necesidad de establecer un estándar mínimo que el reglamento garantiza a todos los usuarios. Por ejemplo, instalaciones de tubería y gas, el soporte adecuado de ductos, etc.

El incumplimiento de los requisitos, relativos a la configuración del edificio, es un tema muy importante. En el título sexto del Reglamento, capítulo II de las características generales de las edificaciones, se han escrito recomendaciones (las mismas que aparecen en las listas del anexo A), en general, para edificios y condiciones uniformes. Puede notarse que aunque exista un conjunto de reglas sobre la configuración de las edificaciones resulta claro que la obediencia irrestricta al reglamento no asegura que se logre tomar en cuenta la influencia de la configuración (caso Juan de la Barrera). El problema se resolvería si cada uno de los edificios evaluados fueran de una forma regular, pero el aprovechamiento económico de los tamaños y distribuciones de los terrenos, los diversos requisitos de planeación para el uso eficiente del espacio y las proporciones estéticas agradables, influyen en la toma de decisiones por parte del diseñador y requieren que el ingeniero estructural proporcione construcciones seguras de forma variada, siempre y cuando se obedezcan los requisitos mínimos de las normas.

## **Conclusión general**

Lo resultados indican que el problema no es el conjunto de reglas de especificación establecidas en el reglamento sino en la aplicación y el cumplimiento de estas normas mínimas. Resulta interesante poner en práctica un procedimiento que evalúe cada uno de estos puntos y se estime el porcentaje de deficiencias global observado en la edificación y así poder calificar aquellos edificios que tendrán un adecuado comportamiento frente a un sismo y aquellos que podrían ser peligrosos.

Todo lo anteriormente expuesto no sólo refleja la falta de preocupación de las delegaciones, profesionistas (DRO, CSE, proyectista), empresas constructoras y demás involucrados en preocuparse de estos temas, sino también, el desconocimiento de los administradores y los usuarios en exigirlos. En este sentido, los proyectos de viviendas que no cuenten con algún proceso de certificación de alguna entidad externa, tienen la gran desventaja e intranquilidad para los usuarios de incumplir con las exigencias y estándares de calidad exigidos en la reglamentación de construcciones vigentes.

## Recomendaciones

### I. Documentación técnica

1. Para que el contenido del proyecto de edificación se considere como aceptable y completo se recomienda incluir la información que más adelante se expone.
2. Cuando el director de obra autorice modificaciones a lo proyectado, lo hará constar expresamente en el libro de bitácora de obra, sin perjuicio de aportar documentos gráficos anexos a la orden, que en su día se añadirán, como proceda, a la documentación final de obra realizada. Para evitar confusiones, se indicará claramente en los documentos del proyecto original que resulten afectados por el cambio, que se deben entender sustituidos por los aportados, y en éstos, los del proyecto que quedan anulados.
3. La documentación final de obra incluirá los planos completos de todos los elementos y partes de la obra, que reflejen con precisión la obra realmente construida.

### Memoria de cálculo

1. En la memoria del proyecto se incluirá el programa de necesidades, en el que se describirán aquellas características del edificio y del uso previsto que condicionan las exigencias de seguridad estructural, tanto en lo relativo a la capacidad portante como a la aptitud al servicio; las bases de cálculo y la declaración de cumplimiento de los requisitos del Reglamento y sus Normas técnicas o justificación documental del cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad, si se adoptan soluciones alternativas.
2. En las bases de cálculo y en su caso, en el anexo de cálculo se incluirán los siguientes datos:
  - a) Se identifique el periodo;
  - b) las simplificaciones efectuadas sobre el edificio para transformarlo en uno o varios modelos de cálculo, que se describirán detalladamente, indicando el tipo estructural adoptado para el conjunto y sus partes, las características de las secciones, tipo de conexiones y condiciones de sustentación;
  - c) las características mecánicas consideradas para los materiales estructurales y para el terreno que lo sustenta, o en su caso actúa sobre el edificio;
  - d) la geometría global (especificando las dimensiones a ejes de referencia) y cualquier elemento que pueda afectar al comportamiento o a la durabilidad de la estructura;
  - e) las exigencias relativas a la capacidad portante y a la aptitud al servicio;
  - f) las acciones consideradas, las combinaciones efectuadas y los coeficientes de seguridad utilizados;
  - g) de cada tipo de elemento estructural, la modalidad de análisis efectuado y los métodos de cálculo empleados;
  - h) en su caso, la modalidad de control de calidad previsto; y
  - i) estar autografiado por el DRO y, por lo menos, se pueda identificar al calculista.

Si el proyecto se desarrolla en dos fases (proyecto básico y proyecto de ejecución), en el proyecto básico se incluirá, al menos, la información indicada en los puntos a) y d), así como las acciones de aplicación al caso, los materiales previstos y los coeficientes de seguridad aplicables.
3. Los cálculos realizados con ordenador se completarán identificando los programas informáticos utilizados en cada una de las partes que han dado lugar a un tratamiento diferenciado, indicando el objeto y el campo de aplicación del programa y explicando con precisión, la representación de los datos introducidos y el tipo de los resultados generados por el programa.

### Planos estructurales

1. Los planos del proyecto correspondientes a la estructura deben ser suficientemente precisos para la exacta realización de la obra, a cuyos efectos se podrán deducir también de ellos los planos

- auxiliares de obra o de taller, en su caso, y las mediciones que han servido de base para las valoraciones pertinentes.
2. Los planos contendrán los detalles necesarios para que el constructor, bajo las instrucciones del director de obra, pueda ejecutar la construcción, y en particular, los detalles de uniones y nudos entre elementos estructurales y entre éstos y el resto de los de la obra, las características de los materiales, la modalidad de control de calidad previsto, si procede, y los coeficientes de seguridad adoptados en el cálculo.
  3. Si el proyecto se desarrolla en dos fases (proyecto básico y proyecto de ejecución), los planos del proyecto básico deben ser lo suficientemente precisos para la definición del tipo estructural previsto y el establecimiento de las reservas geométricas para la realización de la estructura.

## **II. Delegaciones y dependencias gubernamentales**

1. Tener un control efectivo (recepción y resguardo de documentación de obra y trámites) que eviten errores y omisiones en las actividades de las Delegaciones.
2. Efectuar la supervisión administrativa de inicio y término de construcción lo que permitirá verificar e integrar un informe completo de una obra (documentación final actualizada, permisos, trámites, etc.)
3. Difundir las bases, requisitos y normativa que regula la admisión y actualización de los CSE y DRO. Para el DRO y/o CSE que no cumplan con los requisitos mínimos establecidos por el reglamento se considera necesario depurarlos.
4. Publicar un registro de CSE y DRO certificados que puede contratar el inversionista-propietario de obra.
5. Controlar las actividades de los Directores Responsables de Obra y de los Corresponsables.
6. Replantear el sistema con el objetivo de crear un balance de responsabilidades entre las autoridades locales y las personas (físicas y/o morales) involucradas según su intervención profesional.
7. Establecer mecanismos de ordenamiento legal para sancionar administrativamente a los CSE, DRO y a inversionista-propietario de obra.

## **III. Seguridad estructural y supervisión**

1. Contar con una institución independiente y especializada en la seguridad estructural con el objeto de establecer reglas y procedimientos que permitan tener un control de la seguridad estructural y sísmica de las edificaciones (por ejemplo, qué debe ser revisado de los cálculos de ingeniería y los planos de dibujo, cómo, cuándo y quién debe hacerlo).
2. Desarrollar programas con el apoyo de entidades académicas que trabajen en la capacitación continua de los profesionistas, la certificación, la evaluación de la experiencia profesional, de sus conocimientos y su capacidad para hacer frente a las responsabilidades asignadas, para coordinar los nuevos sistemas de construcción y control de la seguridad y calidad.

## **IV. Metodología propuesta**

1. Es necesario llevar a cabo más estudios sobre edificios existentes para poder ampliar la metodología con observaciones que ayuden a darle claridad a los formularios y completar un conjunto de acciones que permitan desarrollar una verificación más completa.
2. Es importante integrar métodos empíricos, experimentales y analíticos del comportamiento sísmico como una vía para aumentar la confiabilidad de estos estudios.
3. Integrar estudios de la interacción entre edificios adyacentes debido a que los edificios se encuentran muy próximos entre sí.
4. Un aspecto importante a considerar en investigaciones futuras es abordar los efectos de las paredes de albañilería fisuradas dentro del comportamiento del análisis sísmico.

5. Análisis pushover (dinámico no lineal) del edificio.
6. También, como investigaciones futuras, realizar estudios del comportamiento sísmico de ascensores.
7. Para estudios geotécnicos se recomienda consultar un ingeniero en suelos, dado que es un problema muy extenso y por lo tanto es objeto de un estudio más a fondo, por lo tanto es necesario la opinión de un especialista.
8. Desarrollar una herramienta computacional útil para la evaluación pre-sísmica de edificios existentes, con interfaz gráfica de usuario, que involucre los diferentes niveles de evaluación, desde una inspección visual rápida, pasando por la identificación de deficiencias hasta un módulo de evaluación avanzada para edificios típicos. Esta herramienta hará posible una evaluación más rápida y eficiente.

---

## REFERENCIAS

**Arnal Simón, Luis.** (2005). “Reglamento de Construcciones del Distrito Federal: Reglamento, Normas Técnicas, Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, Reglamento de la ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, ilustraciones y comentarios, gráficas, planos y lineamientos”. 5ª ed. México, Trillas..

**ATC Applied Technology Council** (1987). “Evaluating the seismic resistance of existing buildings, ATC-14”. Red-wood City : ATC.

**Bazán E. y Meli R.** (2007), “Diseño Sísmico de Edificios”. Limusa, México D.F.

**Cassandra A. y Ching F.** (2008), “Guía de Construcción Ilustrada”. Limusa, México D.F

**Casabonne C. y Gallegos H.** (2005), “Albañilería estructural”. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad del Perú, Lima-Perú.

**Centro Nacional de Prevención de Desastres.** (1995). “Curso sobre Seguridad Sísmica de las Construcciones para Directores Responsables de Obra”. México D. F.

**Decreto Supremo No. 134 (V. y U) que aprueba el Reglamento del Registro Nacional de Revisores de Cálculo Estructural,** Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Gobierno de Chile (2002).

**Decreto con Fuerza de Ley 458** (2009). “Ley General de Urbanísimo y Construcciones”, Gobierno de Chile.

**D. J. Dowrick** (1990). “Diseño de estructuras resistentes para ingenieros y arquitectos”. Limusa, México D.F.

**FEMA 154** (2002) - Federal Emergency Management Agency. 1988 y 2002 “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook – 2002 Version, FEMA-154”. Washington, D.C : Applied Technology Council, Report ATC-21, 1988 y 2002.

**FEMA 307** (1998) - Federal Emergency Management Agency. 1998 “Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings: Technical Resources, FEMA-307”, prepared by The Partnership for Response and Recovery Washington, D.C.

**FEMA 310** (1998) - Federal Emergency Management Agency. 1998 “Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings: A Prestandard, FEMA-310”, prepared by The American Society of Civil Engineers for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

**FEMA 348** (1999) - Federal Emergency Management Agency. 1999 “Protecting Building Utilities from Flood Damage: Principles and Practices for the Design and Construction of Flood Resistant Building Utility Systems, FEMA-348”, Washington, D.C.

**FEMA 454** (2006) - Federal Emergency Management Agency. 2006 “Designing for Earthquakes: A Manual for Architects, Risk Management Series, FEMA-454”, Washington, D.C.

**García Rivero, José L.** (2008), Manual Técnico de la Construcción, 4ta edición.

**Gómez Chávez, Salvador Ismael** (2007), “Análisis Sísmico Moderno: Ética Aplicada”, Trillas, México D.F.

**Gonzales Cuevas, Oscar M.** (2006), “Aspectos fundamentales del concreto reforzado”. 4ta edición, Limusa, México D.F.

**Jephcott D. (1986)**. “50-Year Record of Field Act Seismic Building Standars for California Schools”, Earthquake Spectra, volume 2, No.3, 621-629.

**Ley No. 20.071 que Crea y Regula Registro Nacional de Revisores Independientes de Obras de Edificación**, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Gobierno de Chile.

**Manual de Construcción**, Evaluación y Rehabilitación Sismoresistente de viviendas de Mampostería, publicaciones de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

**Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones: Instalaciones de Aire acondicionado** (2009), Vol. 5, Tomo III, Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa.

**Norma Oficial Mexicana NOM-053-SCFI-2000**, Elevadores eléctricos de tracción para pasajeros y carga-Especificaciones de seguridad y métodos de prueba para equipos nuevos.

**Norma Oficial Mexicana NMX-C-224-ONNCCE-2001 Industria de la Construcción – Vivienda de Madera y Equipamiento Urbano – Dimensiones de la madera aserrada para su uso en la construcción.**

**Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería** (2004), Departamento del Distrito Federal, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México D. F.

**Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera** (2004), Departamento del Distrito Federal, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México D. F.

**Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto** (2004), Departamento del Distrito Federal, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México D. F.

**Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas** (2004), Departamento del Distrito Federal, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México D. F.

**Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural** (2004), Departamento del Distrito Federal, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México D. F.

**Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Viento** (2004), Departamento del Distrito Federal, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México D. F.

**Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo** (2004), Departamento del Distrito Federal, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México D. F.

**Robles Fernández-Villegas F., et al**, “Nuevas Normas para estructuras de madera”, publicaciones UAM-Azcapotzalco.

**Ordaz Schroeder, Mario.** (1989), “Riesgo Sísmico en México: Lecciones Aprendidas del Terremoto del 19 de Septiembre de 1985”. 1er congreso Iberoamericano sobre Técnicas aplicadas a la Gestión de Emergencias para la reducción de Desastres Naturales.

**Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones,** Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Gobierno de Chile.

**Organización Panamericana de la Salud,** (2004). “Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud”, Washington, D. C.



## ANEXOS

## ANEXO A

A continuación se muestran las listas de control propuestas para el chequeo rápido de edificios de concreto y mampostería. Los formularios se dividen en 6 tipos:

- Estructural Básica (concreto y mampostería).
- Estructural Adicional (concreto y mampostería).
- Riesgos Geológicos y de Cimentación.
- No Estructural Básica.
- No Estructural Adicional.

<b>LISTA DE CONTROL DE CHEQUEO RÁPIDO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>			
<b>MARCOS DE CONCRETO, TIPO C1</b>			
<b>SISTEMA DE CONSTRUCCION</b>			
C	NC	N/A	<b>TRAYECTORIA DE LAS CARGAS:</b> La trayectoria de las cargas para los efectos de fuerzas sísmicas en cualquier dirección debe ser completa con el objetivo de transmitir las fuerzas inerciales de la masa a la cimentación. (Detalle B.1)
C	NC	N/A	<b>SEPARACIÓN DE EDIFICIOS COLINDANTES:</b> La edificación deberá separarse de sus linderos con los predios vecinos una distancia no menor que 50 mm, ni menor que la altura del nivel sobre el terreno multiplicada por 0.007, 0.009 ó 0.012, según que la edificación se halle en las zonas I, II ó III. (Detalle B.2)
C	NC	N/A	<b>MEZANINE:</b> Los mezanines interiores entre niveles deberán sujetarse independientemente de la estructura principal, o deberán sujetarse (articularse) a los elementos del sistema resistente a carga lateral de la estructura principal.
C	NC	N/A	<b>PISO DÉBIL:</b> La resistencia lateral del piso no debe diferir en más de 50% de la del entrepiso inmediatamente inferior. La resistencia del piso es la resistencia total de todos los elementos resistentes a las fuerzas sísmicas que comparten el esfuerzo cortante del piso en la dirección bajo consideración. El último entrepiso queda excluido de este requisito. (Detalle B.3)
C	NC	N/A	<b>PISO BLANDO:</b> La rigidez lateral del piso no debe diferir en más de 50% de la del entrepiso inmediatamente inferior. El último entrepiso queda excluido de este requisito. (Detalle B.4)
C	NC	N/A	<b>IRREGULARIDAD VERTICAL GEOMÉTRICA:</b> Ningún piso tiene un área, delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes verticales, mayor que 110% de la del piso inmediato inferior ni menor que 70% de ésta. Además el área de ningún entrepiso excede en más de 50% a la menor de los pisos inferiores. Se exime de este requisito únicamente al último piso de la construcción. (Detalle B.5)
C	NC	N/A	<b>ESBELTEZ EN PLANTA:</b> La relación entre el ancho y el largo de la planta no debe exceder de 4. (Detalle B.6)
C	NC	N/A	<b>DISCONTINUIDAD VERTICAL:</b> Los elementos resistentes a las cargas deberán ser continuos hasta la cimentación. (Detalle B.7)
C	NC	N/A	<b>MASAS:</b> El peso de cada nivel, incluyendo la carga viva considerada en el diseño sísmico, no es mayor que 110% del correspondiente al piso inmediato inferior ni es menor que 70% de dicho peso. Se hará excepción del último nivel de la construcción. (Detalle B.8)
C	NC	N/A	<b>TORSIÓN:</b> En ningún entrepiso la excentricidad torsional calculada estáticamente excede del 10% de la dimensión en planta de ese entrepiso medida paralelamente a la excentricidad mencionada.
C	NC	N/A	<b>DAÑOS DEL CONCRETO:</b> No se presentan daños visibles de concreto o se ven varillas de acero en los elementos resistentes a las cargas.
C	NC	N/A	<b>TENDONES POSTENSADOS:</b> No se presentan daños visibles de corrosión o desconchamiento en las extremidades de los tendones postensados.
<b>SISTEMA RESISTENTE A CARGA LATERAL</b>			
C	NC	N/A	<b>REDUNDANCIA:</b> El número de crujías en cada dirección principal será mayor o igual a 2. (Detalle B.9)
C	NC	N/A	<b>INTERFERENCIA DE MUROS:</b> Todos los muros que no contribuyan a resistir fuerzas laterales deben aislarse de los elementos estructurales del marco de concreto.
C	NC	N/A	<b>PANDEO LATERAL DE VIGAS:</b> Para evitar que la ductilidad de las vigas se vea limitada por problemas de pandeo lateral derivados de la excesiva esbeltez del alma, las relaciones geométricas de longitud/ancho ( $l/b$ ) y peralte/ancho ( $h/b$ ) de las vigas deben cumplir las siguientes condiciones: $l/b \leq 35$ y $h/b \leq 4$ . (Detalle B.10)
C	NC	N/A	<b>GEOMETRÍA DE COLUMNAS:</b> La relación entre la dimensión transversal mayor de una columna, $c_1$ , y la menor, $c_2$ , no excederá de 4 ( $c_1/c_2 \leq 4$ ). La dimensión transversal menor será por lo menos igual a 20 cm. (Detalle B.10)
<b>CONEXIÓN</b>			
C	NC	N/A	<b>COLUMNAS DE CONCRETO:</b> Todas las columnas de concreto deberán anclarse a la cimentación y los anclajes de la base de la columna deberán ser capaces de desarrollar la capacidad de tensión.

## LISTA DE CONTROL DE CHEQUEO RÁPIDO COMPLEMENTARIA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

## MARCOS DE CONCRETO, TIPO C1

## SISTEMA RESISTENTE A CARGA LATERAL

C	NC	N/A	<b>PISOS EN MARCOS:</b> El sistema resistente a carga lateral no deberá ser un marco compuesto de columnas y losa plana sin vigas.
C	NC	N/A	<b>EXISTENCIA DE ELEMENTOS PRETENSADOS:</b> El sistema resistente a cargas laterales no incluye ningún elemento pretensado o postensado.
C	NC	N/A	<b>COLUMNAS CORTAS O CAUTIVAS:</b> No debe haber columnas con una relación alto/ancho menor a 0.50. (Detalle B.11)
C	NC	N/A	<b>FALLA POR CORTANTE:</b> Los miembros del marco con capacidad al corte deberán ser capaces de desarrollar la capacidad de momento en la parte superior e inferior de las columnas.
			<b>REFUERZO LONGITUDINAL VIGAS:</b> El área mínima de refuerzo de secciones rectangulares de concreto reforzado de peso normal, puede calcularse con la siguiente expresión aproximada:
C	NC	N/A	$A_{s,min} = \frac{0.7\sqrt{f'_c}}{f_y} b d$ <p>donde <math>b</math> y <math>d</math> son el ancho y el peralte efectivo, no reducidos, de la sección, respectivamente. El área máxima de acero de tensión será 75% de la correspondiente a falla balanceada (<math>0.75 A_{s,bal}</math>).</p> <p>Al menos dos varillas de refuerzo longitudinal en el lecho inferior y dos varillas en el lecho superior se extienden en forma continua a lo largo de la viga y a través de los nudos.</p>
C	NC	N/A	<b>REFUERZO LONGITUDINAL COLUMNAS:</b> La cuantía del refuerzo longitudinal de la sección no será menor que $20/f_y$ ni mayor que 0.06. El número mínimo de barras será seis en columnas circulares y cuatro en rectangulares.
C	NC	N/A	<b>TRASLAPE DE BARRAS LONGITUDINALES EN VIGAS:</b> La longitud de traslape del refuerzo longitudinal no se permitirá a una distancia de dos veces el peralte del miembro medida desde el paño de los nudos, en el interior de las uniones viga-columna y en aquellas zonas próximas donde se formen articulaciones plásticas. Por lo menos deben proporcionarse dos estribos para minimizar la posibilidad de ruptura del concreto.
			<b>SEPARACIÓN REFUERZO TRANSVERSAL EN COLUMNAS:</b> Todas las barras o paquetes de barras longitudinales deben restringirse contra el pandeo con estribos o zunchos con separación ( $s_1$ ) no mayor que:
			a) $850/\sqrt{f_y}$ veces el diámetro de la barra o de la barra más delgada del paquete
			b) 48 diámetros de la barra del estribo; ni que
			c) La mitad de la menor dimensión de la columna.
C	NC	N/A	La separación máxima ( $l_1$ ) de estribos se reducirá a la mitad de la antes indicada en una longitud no menor que:
			a) la dimensión transversal máxima de la columna;
			b) un sexto de su altura libre; ni que
			c) 600 mm
			arriba y abajo de cada unión de columna con trabes o losas, medida a partir del respectivo plano de intersección. (Detalle B.12)
C	NC	N/A	<b>SEPARACIÓN REFUERZO TRANSVERSAL EN VIGAS:</b> La separación del refuerzo transversal no excederá $d/2$ en toda su longitud. En los extremos y en lugares donde se formen articulaciones la separación no excederá: $8 d_b$ , $d/4$ , $24d_s$ ó $30 \text{ cm}$ . (Detalle B.13)
			<b>REFUERZO EN LAS UNIONES LOSA-COLUMNA:</b> Los diámetros de las barras de la losa y columnas que pasen rectas a través de un nudo deben seleccionarse de modo que se cumplan las relaciones siguientes:
C	NC	N/A	$\frac{h(\text{columna})}{d_b} (\text{barra de losa}) \geq 20$ $\frac{h(\text{losa})}{d_b} (\text{barra de columna}) \geq 15$ <p>donde <math>h(\text{columna})</math> es la dimensión transversal de la columna en la dirección de las barras de losa consideradas.</p>
			<b>REFUERZO EN LAS UNIONES VIGA-COLUMNA:</b> Los diámetros de las barras de vigas y columnas que pasen rectas a través de un nudo deben seleccionarse de modo que se cumplan las relaciones siguientes:
C	NC	N/A	$\frac{h(\text{columna})}{d_b} (\text{barra de viga}) \geq 20$ $\frac{h(\text{viga})}{d_b} (\text{barra de columna}) \geq 20$ <p>donde <math>h(\text{columna})</math> es la dimensión transversal de la columna en dirección de las barras de viga consideradas. En las uniones viga-columna se tendrán refuerzo transversal con una separación que no excederá <math>6 d_b</math>.</p>
C	NC	N/A	<b>EXCENTRICIDAD:</b> La excentricidad de diseño no será menor que $0.05h \geq 20\text{mm}$ , donde $h$ es la dimensión de la sección en la dirección de la flexión.
C	NC	N/A	<b>COMPATIBILIDAD DE DEFLEXIONES:</b> Los elementos secundarios deberán tener capacidad a corte para desarrollar resistencia a flexión de los elementos.
C	NC	N/A	<b>LOSAS PLANAS:</b> Las losas de entrepiso o losas planas deben contar con acero superior de forma continua sobre los nudos.
C	NC	N/A	<b>LOSAS ALIGERADAS:</b> Las losas aligeradas contarán con una zona maciza adyacente a cada columna de cuando menos $2.5h$ , medida desde el paño de la columna o el borde del capitel. Asimismo, contarán con zonas macizas de por lo menos $2.5h$ adyacentes a muros de rigidez, medidas desde el paño del muro. En los ejes de columnas deben

			suministrarse nervaduras de ancho no menor de 250 mm; las nervaduras adyacentes a los ejes de columnas serán de por lo menos 200 mm de ancho y el resto de ellas de al menos 100 mm. En la zona superior de la losa habrá un firme de espesor no menor de 50 mm, monolítico con las nervaduras y que sea parte integral de la losa. (Detalle B.14)
			<b>DIAFRAGMA</b>
C	NC	N/A	<b>CONTINUIDAD DEL DIAFRAGMA:</b> Los diafragmas no deberán estar compuestos por particiones o divisiones.
C	NC	N/A	<b>IRREGULARIDAD EN PLANTA:</b> No deberá desarrollarse capacidad a tensión del diafragma en esquinas reentrantes o en otros lugares de irregularidad en planta. (Detalle B.15)
C	NC	N/A	<b>REFUERZO EN ABERTURAS DEL DIAFRAGMA:</b> En los lados de la abertura deberá suministrarse acero de refuerzo más del 50% que correspondería al ancho en cada dirección. (Detalle B.16)
			<b>CONEXIONES</b>
C	NC	N/A	<b>CARGA LATERAL EN CABEZAL DE PILOTES:</b> Los cabezales de los pilotes deberán tener refuerzo superior y deberán anclarse a los pilotes. Los cabezales y el anclaje deberán ser capaces de desarrollar la capacidad a tensión de los pilotes. (Detalle B.17)

<b>LISTA DE CONTROL DE CHEQUEO RÁPIDO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>			
<b>MUROS DE MAMPOSTERÍA, TIPO MI</b>			
<b>SISTEMA DE CONSTRUCCION</b>			
C	NC	N/A	<b>TRAYECTORIA DE LAS CARGAS:</b> La trayectoria de las cargas para los efectos de fuerzas sísmicas en cualquier dirección debe ser completa con el objetivo de transmitir las fuerzas inerciales de la masa a la cimentación. (Detalle B.1)
C	NC	N/A	<b>SEPARACIÓN DE EDIFICIOS COLINDANTES:</b> La edificación deberá separarse de sus linderos con los predios vecinos una distancia no menor que 50 mm, ni menor que la altura del nivel sobre el terreno multiplicada por 0.007, 0.009 ó 0.012, según que la edificación se halle en las zonas I, II ó III. (Detalle B.2)
C	NC	N/A	<b>MEZANINE:</b> Los mezanines interiores entre niveles deberán sujetarse independientemente de la estructura principal o articularse a los elementos del sistema resistente a carga lateral de la estructura principal.
C	NC	N/A	<b>PISO DÉBIL:</b> La resistencia lateral del piso no debe diferir en más de 50% de la del entrepiso inmediatamente inferior. La resistencia del piso es la resistencia total de todos los elementos resistentes a las fuerzas sísmicas que comparten el esfuerzo cortante del piso en la dirección bajo consideración. El último entrepiso queda excluido de este requisito. (Detalle B.3)
C	NC	N/A	<b>PISO BLANDO:</b> La rigidez lateral del piso no debe diferir en más de 50% de la del entrepiso inmediatamente inferior. El último entrepiso queda excluido de este requisito. (Detalle B.4)
C	NC	N/A	<b>IRREGULARIDAD VERTICAL GEOMÉTRICA:</b> Ningún piso tiene un área, delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes verticales, mayor que 110% de la del piso inmediato inferior ni menor que 70% de ésta. Además el área de ningún entrepiso excede en más de 50% a la menor de los pisos inferiores. Se exime de este requisito únicamente al último piso de la construcción. (Detalle B.5)
C	NC	N/A	<b>ESBELTEZ EN PLANTA:</b> La relación entre el ancho y el largo de la planta no debe exceder de 4. (Detalle B.6)
C	NC	N/A	<b>DISCONTINUIDAD VERTICAL:</b> Los elementos resistentes a las cargas deberán ser continuos hasta la cimentación. (Detalle B.7)
C	NC	N/A	<b>MASAS:</b> El peso de cada nivel, incluyendo la carga viva considerada en el diseño sísmico, no es mayor que 110% del correspondiente al piso inmediato inferior ni es menor que 70% de dicho peso. Se hará excepción del último nivel de la construcción. (Detalle B.8)
C	NC	N/A	<b>DAÑOS EN ELEMENTOS DE MADERA:</b> No se presentan signos de putrefacción, contracción, fisuras, daños por fuego o pandeo en los elementos de madera, y para el caso de accesorios metálicos no están deteriorados, quebrados o flojos.
C	NC	N/A	<b>ELEMENTOS DE MAMPOSTERIA:</b> No se presentan daños visibles en los elementos de mampostería.
C	NC	N/A	<b>UNION DE LOS ELEMENTOS DE MAMPOSTERIA:</b> El mortero no se desprende con facilidad al raspar manualmente las juntas con una herramienta metálica, y no se presentan desgastes.
C	NC	N/A	<b>GRIETAS EN MUROS:</b> Las grietas diagonales existentes no son mayores a 3mm, además no se presentan grietas en forma X.
<b>SISTEMA RESISTENTE A CARGA LATERAL</b>			
C	NC	N/A	<b>DIAFRAGMA RÍGIDO:</b> El sistema utilizado garantiza un comportamiento de diafragma rígido ante cargas laterales. (Detalle B.18)
C	NC	N/A	<b>REDUNDANCIA:</b> El número de crujías en cada dirección principal será mayor o igual a 2. (Detalle B. 9)
C	NC	N/A	<b>ESFUERZOS CORTANTES:</b> El esfuerzo cortante en muros de mampostería deberá ser menor a 6 kg/cm <sup>2</sup> . Cuando el esfuerzo actuante sea mayor a este valor se podrá recurrir al uso de acero de refuerzo.
C	NC	N/A	<b>ACERO DE REFUERZO EN MUROS REFORZADOS:</b> La suma de la cuantía de acero de refuerzo horizontal, $\rho_h$ , y vertical, $\rho_v$ , no será menor que 0.002 y ninguna de las dos cuantías será menor que 0.0007. El refuerzo vertical en el interior del muro tendrá una separación no mayor de seis veces el espesor del mismo ni mayor de 800 mm. La

			separación máxima del refuerzo horizontal no excederá de seis hiladas ó 600 mm. (Detalle B.19)
C	NC	N/A	<b>APAREJO:</b> La unión vertical de la mampostería se detalla para transmitir las fuerzas de corte mediante un arreglo dentado o cuatrapeado. El colado del castillo se hizo una vez construido el muro o la parte de él que corresponda. (Detalle B.20)
			<b>CONEXIONES</b>
C	NC	N/A	<b>ANCLAJE DE MUROS:</b> La fuerza de tensión o compresión que actúa en el acero de refuerzo en toda sección debe desarrollarse a cada lado de la sección considerada por medio de adherencia en una longitud suficiente de barra. En lo general, se aplicará lo dispuesto en las NTC-Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.
C	NC	N/A	<b>TRANSFERENCIA DE FUERZAS LATERALES A LOS MUROS:</b> Los diafragmas deben reforzarse y estar conectados a los muros para transferir las fuerzas laterales de cortante a los muros y todas las conexiones deberán ser capaz de desarrollar resistencia a cortante de los muros.
C	NC	N/A	<b>REFUERZO EN MUROS:</b> El refuerzo vertical de muros y otros elementos deberá extenderse dentro de las zapatas, sean éstas de concreto o mampostería, o losa de cimentación y deberá anclarse de modo que pueda alcanzarse el esfuerzo especificado de fluencia a la tensión. (Detalle B.21)
C	NC	N/A	<b>CONEXIÓN VIGA PRINCIPAL/COLUMNA:</b> Deberá existir una conexión adecuada entre viga-columna.

<b>LISTA DE CONTROL DE CHEQUEO RÁPIDO COMPLEMENTARIA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>			
<b>MUROS DE MAMPOSTERÍA, TIPO M1</b>			
<b>SISTEMA RESISTENTE A CARGA LATERAL</b>			
C	NC	N/A	<b>REFUERZO EN ABERTURAS:</b> Las aberturas en muros que interrumpen la distribución de varillas tendrán contramarcos de refuerzo o estar confinadas en sus bordes. (Detalle B.22)
C	NC	N/A	<b>PROPORCION:</b> En cada nivel, la relación entre la altura y espesor del muro no será mayor que 30 para mampostería reforzada y de 20 para mampostería sin refuerzo. (Detalle B.23)
C	NC	N/A	<b>LONGITUD DE TRASLAPES:</b> La longitud de <b>traslapes</b> de barras en concreto se determinará según lo especificado para concreto reforzado. No se aceptan uniones soldadas. Si las barras se traslapan en el interior de piezas huecas, la longitud del traslape será al menos igual a $50d_b$ en barras con esfuerzo especificado de fluencia de hasta 4,200 kg/cm <sup>2</sup> y al menos igual a $60d_b$ en barras o alambres con esfuerzo especificado de fluencia mayor; $d_b$ es el diámetro de la barra más gruesa del traslape. No se aceptan traslapes de más del 50% del acero longitudinal del elemento (castillo, dala, muro) en una misma sección.
C	NC	N/A	<b>UBICACIÓN DE TRASLAPES:</b> El traslape se ubicará en el tercio medio de la altura del muro. No se permitirán traslapes en los extremos de los castillos de planta baja.
C	NC	N/A	<b>MALLA DE ALAMBRE SOLDADO:</b> Las mallas de alambre soldado deberán ser continuas, sin traslape, a lo largo del muro. Si la altura del muro así lo demanda, se aceptará unir las mallas. El traslape se colocará en una zona donde los esfuerzos esperados en los alambres sean bajos. El traslape medido entre los alambres transversales extremos de las hojas que se unen no será menor que dos veces la separación entre alambres transversales más 50mm.
			<b>DIAFRAGMA</b>
C	NC	N/A	<b>CASTILLOS:</b> Existen castillos por lo menos en los extremos de los muros e intersecciones con otros muros, y en puntos intermedios del muro a una separación no mayor que $1.5H$ ni 4m. Los castillos tendrán como dimensión mínima el espesor de la mampostería del muro, $t$ . (Detalle B.23)
C	NC	N/A	<b>DALAS TRANSVERSALES:</b> Existe una dala en todo extremo horizontal de muro, a menos que este último esté ligado a un elemento de concreto reforzado con un peralte mínimo de 100mm. Además, existirán dalas en el interior del muro a una separación no mayor de 3m. Los castillos y dalas tendrán como dimensión mínima el espesor de la mampostería del muro, $t$ . (Detalle B.23)
C	NC	N/A	<b>ABERTURAS ADYACENTES EN MUROS:</b> Las aberturas del diafragma adyacente a los muros no deberán tener una longitud menor del 25% de la longitud del muro. (Detalle B.24)
C	NC	N/A	<b>IRREGULARIDAD EN PLANTA:</b> No deberá desarrollarse capacidad a tensión del diafragma en esquinas reentrantes o en otros lugares de irregularidad en planta. (Detalle B.15)
C	NC	N/A	<b>REFUERZO EN ABERTURAS DEL DIAFRAGMA:</b> Existen elementos de refuerzo con las mismas características que las dalas y castillos en el perímetro de toda abertura cuyas dimensiones horizontal o vertical excedan de la cuarta parte de la longitud del muro o separación entre castillos, o de 600 mm. (Detalle B.16)
C	NC	N/A	<b>ENTABLADO DE TECHO RECTO:</b> Diafragmas compuestos por un sistema de entablado, no deberán tener una relación ancho/alto menor a 2:1.
C	NC	N/A	<b>CLAROS:</b> Diafragmas con claros mayores de 7.00 metros deberán estar compuestos de paneles de madera estructural o un entablado diagonal
C	NC	N/A	<b>CUBIERTAS DE LOSAS:</b> Diafragmas compuestos de losa de concreto prefabricado deberán estar interconectados con refuerzo de forma continua en toda su longitud.
C	NC	N/A	<b>APOYOS VIGUETA Y BOVEDILLA:</b> Cuando las bovedillas se apoyen en muros paralelos a las viguetas, la longitud de apoyo será al menos de 50 mm. En ningún caso, las bovedillas y las viguetas deberán obstruir el paso de dalas de confinamiento. (Detalle B.25)

### CONEXIONES

C	NC	N/A	<b>LARGUEROS DE MADERA:</b> La conexión entre muros y diafragma no inducen falla por flexión transversal o tensión en los largueros de madera.
C	NC	N/A	<b>CONECTORES DEL SISTEMA DE PISO:</b> Cuando no pueda garantizarse mediante un firme la acción conjunta de elementos prefabricados, se deben proveer conectores mecánicos a lo largo de los lados de las piezas adyacentes, según se requiera para transmitir las fuerzas cortantes en el plano, la tensión por cambio de temperatura y los efectos por contracción.
C	NC	N/A	<b>RIGIDEZ DE LOS CONECTORES DE MUROS DE MAMPOSTERÍA:</b> Los conectores deben estar atiesados o estar suficientemente rígidos para evitar movimientos entre los muros y el diafragma.

### LISTA DE CONTROL DE CHEQUEO RÁPIDO DE RIESGOS GEOLÓGICO Y DE CIMENTACIONES

#### RIESGOS GEOLÓGICOS

C	NC	N/A	<b>DESPLAZAMIENTOS:</b> El terreno de la edificación está lo suficientemente alejado de zonas de peligros inducidos como deslizamientos ó caídas de rocas.
C	NC	N/A	<b>SUPERFICIE DE RUPTURA:</b> No se han previsto fallas por superficie de ruptura y/o desplazamiento de la superficie del terreno de la edificación.

#### ESTADO DE LA CIMENTACION

C	NC	N/A	<b>ESTADO DE LA CIMENTACIÓN:</b> No se presentan evidencias de movimientos excesivos tales como asentamientos o levantamientos que afecten la integridad o resistencia del edificio.
C	NC	N/A	<b>DETERIORO:</b> No se presentan evidencias de daños a los elementos de la cimentación debido a corrosión, ataque de sulfatos, desprendimiento de materiales, o por otras razones que de alguna manera afecten la integridad o resistencia del edificio.

#### CAPACIDAD DE LA CIMENTACION

C	NC	N/A	<b>CIMENTACIÓN PARA PILOTES:</b> La cimentación para pilotes tendrá una profundidad mínima de empotramiento de 1 metro.
C	NC	N/A	<b>UNIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS DE LA CIMENTACIÓN:</b> los pilotes y sus cabezas deben estar cuidadosamente anclados entre sí para asegurar la acción integral en sismos, y deberá proporcionarse suficiente refuerzo en los pilotes que no sean de tensión, para prevenir la separación del pilote y de la cabeza, debida a movimientos del suelo. (Detalle B.17)
C	NC	N/A	<b>CIMENTACIONES PROFUNDAS:</b> Pilotes y pilas deberán ser capaces de transferir las fuerzas laterales entre la estructura y el suelo.
C	NC	N/A	<b>LUGARES CON PENDIENTE:</b> La diferencia de pendiente de un lado del edificio con respecto a otro no excederá de la mitad de la altura del piso medido desde el punto de empotramiento. (Detalle B.26)

### LISTA DE CONTROL DE CHEQUEO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

#### DIVISIONES

C	NC	N/A	<b>MAMPOSTERIA NO REFORZADA NI CONFINADA:</b> Los muros serán reforzados en sus extremos, en intersección de muros y a cada 4 m con al menos dos barras o alambres de acero de refuerzo continuos en la altura de la estructura. Las barras deberán estar adecuadamente ancladas para alcanzar su esfuerzo especificado de fluencia, $f_y$ . (Detalle B.27)
C	NC	N/A	<b>INTEGRIDAD ESTRUCTURAL:</b> En muros de mampostería no reforzada ni confinada no se aceptarán detalles de uniones entre muros y entre muros y sistemas de piso/techo que dependan exclusivamente de cargas gravitacionales.
C	NC	N/A	<b>VOLTEO:</b> En muros de material diferente a mampostería (yeso, tablarroca, madera, etc.) existen detalles constructivos que eviten el volteo del elemento debido a su propio momento de inercia ante fuerzas laterales.

#### CIELOS RASOS

C	NC	N/A	<b>CIELO RASO SUSPENDIDO:</b> Para techos compuestos de elementos suspendidos, tales como falsos plafones o cielos rasos, instalados en salidas y/o corredores están sujetos lateralmente con miembros rígidos unidos a la estructura. (Detalle B.28)
C	NC	N/A	<b>BALDOSAS EN TECHOS SUSPENDIDOS:</b> Techos suspendidos con baldosa instalados en salidas y/o corredores se encuentran asegurados con dispositivos de sujeción tales como grapas, clips, abrazaderas.
C	NC	N/A	<b>SOPORTE:</b> Los techos suspendidos no se emplean para apoyar o soportar lateralmente muros divisorios tales como de yeso, mampostería no reforzada, etc. (Detalle B.29)
C	NC	N/A	<b>PLACAS DE YESO EN FALSO PLAFÓN:</b> Techos compuestos de placas de yeso se encuentran soportados firmemente por cada 1 m <sup>2</sup> de superficie. (Detalle B.28)

**DISPOSITIVOS DE ILUMINACION**

C NC N/A **APOYOS COLGANTES O SUSPENDIDOS:** Los dispositivos de iluminación cuentan con soporte independiente de manera que proporcione anclaje seguro y cierta rigidez horizontal que eviten excesivas vibraciones que puedan provocar la ruptura o caída de materiales.

C NC N/A **ALUMBRADO DE EMERGENCIA:** El alumbrado de emergencia cuenta con soportes de suspensión para evitar que se caiga durante un sismo.

**REVESTIMIENTO DE ACERO Y DE VIDRIO**

C NC N/A **CONECTORES EN REVESTIMIENTO DE ACERO:** Revestimientos pesados de acero cuentan con elementos de soporte asegurados cuidadosamente a los muros exteriores.

C NC N/A **INSERTOS:** En donde se empleen insertos en conexiones de concreto, deberán fijarse al refuerzo de acero.

C NC N/A **VENTANAS:** Los bastidores de las ventanas deben estar separados de la acción del marco, excepto donde pueda mostrarse que no se ocasionará rotura de vidrio. (Detalle B.30)

C NC N/A **PANELES DE VIDRIO:** Cristales colocados en aberturas de muros para ventanas o paneles individuales que cuenten con más de 1 m<sup>2</sup> ubicados a una altura de 3 m sobre el nivel de piso terminado, deberán ser de vidrio recocido de seguridad o vidrio reforzado al calor de manera que permanezcan en el marco que los soportan cuando se fracturen.

C NC N/A **ROTURA DE VIDRIOS:** Debe proveerse la holgura necesaria entre el vidrio y la cancelería o entre esta y la estructura. Esta holgura deberá estar rellena de un material (mastique o sellador) que mantenga su flexibilidad con el tiempo. La holgura mínima admitida,  $c$ , es:  $c = \frac{\nu b}{2(1+b/h)}$ . Donde  $\nu$  es la distorsión lateral de la estructura admitida en el diseño,  $b$  y  $h$  son el ancho y el alto del vidrio, respectivamente. (Detalle B.30)

**REVESTIMIENTO DE MAMPOSTERÍA**

C NC N/A **SOPORTE CON ÁNGULOS DE ACERO:** Revestimientos de mampostería deben estar soportados por ángulos de acero u otros elementos similares.

C NC N/A **ORNAMENTACIÓN PESADA:** En recubrimientos pesados debe evitarse en corredores de salida. Cuando se usen revestimientos en fachada es conveniente contar con una marquesina que proteja al transeúnte de la caída de algunas de estas piedras de revestimiento.

**PARAPETOS, CORNIZAS, ORNAMENTOS Y APÉNDICES**

C NC N/A **PARAPETOS DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA (PRETILES):** Los pretiles o parapetos deberán contar con castillos a una separación horizontal no mayor que 4 m. Además, existirán dadas en la parte superior de pretiles o parapetos cuya altura sea superior a 500 mm. (Detalle B.31)

C NC N/A **ALEROS:** Aleros localizados en salidas del edificio están firmemente sujetos por medio de soportes apropiados que eviten la caída en caso de sismo. (Detalle B.32)

**ESCALERAS**

C NC N/A **DETALLE DE ESCALERAS:** En estructuras con marcos a momento, las conexiones entre las escaleras y la estructura deben estar compuestas de anclajes profundos en el concreto. Alternativamente, las escaleras deben ser capaces de ajustarse a los desplazamientos calculados sin inducir tensión en el sistema de anclaje. (Detalle B.33)

C NC N/A **BARANDAL:** Todas las escaleras deben contar con barandales por lo menos en uno de los lados, a una altura mínima de 0.90m medidos a partir de la nariz del escalón y diseñados de manera que impidan el paso de niños a través de ellos.

C NC N/A **RECUBRIMIENTOS:** Recubrimientos frágiles como azulejos, vidrio o piedra, no deben aplicarse directamente al interior de escaleras, elevadores o cubos abiertos. En caso de usarlos, deben estar montados sobre muros o forros separados cuya caída pueda herir o impedir el paso a quienes tengan que utilizarlos en caso de un sismo.

**MOBILIARIO**

C NC N/A **MUEBLES ALTOS Y ESTRECHOS:** El mobiliario, los equipos y otros elementos cuyo volteo o desprendimiento pueda ocasionar daños físicos o materiales, como libreros altos, anaqueles y tableros eléctricos o telefónicos, deben estar sujetos a fuerzas horizontales iguales a su propio peso. (Detalle B.34)

**EQUIPO ELÉCTRICO Y MECÁNICO**

C NC N/A **EQUIPO DE EMERGENCIA:** El equipo que se usa como parte de un sistema de emergencia se encuentra instalado de una forma que permita su operación continua después de un terremoto.

C NC N/A **EQUIPO PESADO:** Se deberá arristrar o sujetar firmemente equipos pesados con más de 20 kg sobre techos, muros u otros elementos de soporte a una altura de 1.50 m sobre el nivel del piso.

**TUBERÍAS**

C NC N/A **TUBERÍAS PARA EXTINCIÓN DE INCENDIOS:** Los tramos verticales de las tuberías de instalaciones se colocarán empotrados en los muros o elementos estructurales o sujetos a éstos mediante abrazaderas.

C NC N/A **ACOPLAMIENTO FLEXIBLE:** Las tuberías para extinción de incendios, de gas y agua, de ser posible deben estar sujetas a un solo sistema estructural. En donde cambien los sistemas estructurales y se prevén deflexiones relativas, deben proporcionarse juntas flexibles en la tubería para permitir la misma cantidad de movimiento. (Detalle B.35)

**MATERIALES PELIGROSOS DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION**

C	NC	N/A	<b>SUSTANCIAS TÓXICAS:</b> Deben evitarse las caídas de recipientes que contengan sustancias tóxicas y peligrosas por medio de puertas con seguros, carritos móviles de laboratorio, alambres para sujeción o por medio de otros métodos.
---	----	-----	---

**LISTA COMPLEMENTARIA DE CONTROL DE CHEQUEO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES****DIVISIONES**

C	NC	N/A	<b>DIVISIONES:</b> La distorsión lateral máxima en muros divisorios de mampostería no debe exceder de 0.006.
C	NC	N/A	<b>PARTE SUPERIOR:</b> En aquellos paneles divisorios que se extienden sobre el falso techo o cielo raso, la parte superior de estos paneles deben contar con soporte lateral sobre la estructura.
C	NC	N/A	<b>SEPARACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES:</b> El elemento divisorio se encuentra aislado de los elementos estructurales tales como vigas y columnas a una distancia de al menos de 2 cm. La separación se encuentra rellena con algún material flexible y aislante de manera que pueda actuar como una junta sísmica.

**CIELOS RASOS**

C	NC	N/A	<b>BORDES:</b> Existe una separación mínima de 2 cm entre las paredes o muros y los bordes de los techos suspendidos. (Detalle B.29)
C	NC	N/A	<b>TUBERÍAS DE INSTALACIONES EN FALSO PLAFÓN:</b> Sistema de tuberías de instalación (por ejemplo, rociadores del sistema contra incendio) cuenta con conexiones articuladas de manera que la tubería pueda moverse junto con el plafón.
C	NC	N/A	<b>RIGIDEZ HORIZONTAL:</b> Plafones de materiales pesados como yeso y madera se encuentran rigidizados de manera horizontal para evitar distorsiones excesivas ante un evento sísmico.

**DISPOSITIVOS DE ILUMINACION**

C	NC	N/A	<b>APOYOS COLGANTES:</b> Los accesorios de iluminación sobre apoyos colgantes adecuados que eviten su caída cuando se balanceen durante un sismo.
C	NC	N/A	<b>DIFUSORES:</b> Los difusores sobre lámparas fluorescentes deben estar bien sujetados por medio de dispositivos apropiados para su retención.
C	NC	N/A	<b>RIGIDEZ HORIZONTAL:</b> Los elementos de iluminación se encuentran rigidizados de manera horizontal para evitar distorsiones excesivas ante un evento sísmico.

**REVESTIMIENTOS DE MAMPOSTERIA**

C	NC	N/A	<b>MORTERO:</b> El mortero sobre revestimiento de mampostería no debe desprenderse con facilidad en las juntas al rasparse manualmente con alguna herramienta metálica, además no se presentan áreas donde se visualice el desgaste de mortero.
C	NC	N/A	<b>CORROSIÓN:</b> Las varillas de unión, polines metálicos, ligaduras metálicas, tornillos de unión, pernos, soleras montantes no deben estar muy corroídas.
C	NC	N/A	<b>REVESTIMIENTO DE PIEDRA:</b> Recubrimientos de piedra deben estar soportados con elementos que proporcionen un amarre mecánico de estas piedras con la estructura, y dejar holguras en el revestimiento y en las paredes que lo soporten para que estas no interactúen con la estructura al ocurrir deformaciones laterales.
C	NC	N/A	<b>GRIETAS:</b> No se presentan grietas o fisuras sobre revestimiento de piedras.
C	NC	N/A	<b>SOLERAS MONTANTES:</b> Las soleras montantes deben estar fijas a los muros estructurales o sobre el piso a una separación igual o menor a 50 cm.

**PARAPETOS, CORNIZAS, ORNAMENTOS Y APÉNDICES**

C	NC	N/A	<b>PARAPETOS DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA (PRETILES):</b> Los pretiles o parapetos deberán tener castillos con una separación horizontal no mayor que 4 m. Además, existirán dalas en la parte superior de pretiles o parapetos cuya altura sea superior a 500 mm. (Detalle B.31)
C	NC	N/A	<b>APÉNDICES:</b> Cornisas, parapetos, anuncios y elementos ornamentales que se encuentren en voladizo deben estar reforzados y anclados al sistema estructural.

**MOBILIARIO**

C	NC	N/A	<b>ARMARIOS PARA ARCHIVOS (ARCHIVEROS):</b> Los archiveros que se encuentren acomodados en grupos están unidos entre sí y deberá sujetarse a la estructura del edificio mediante el uso de pernos de sujeción fijados al piso. En caso de proporcionar restricciones en la parte superior debe asegurarse que las paredes o elemento estructural en particular sean suficientemente rígidos. (Detalle B.34)
C	NC	N/A	<b>CAJONERAS:</b> Las cajoneras deben tener cerraduras o candados para mantenerlos cerrados durante un terremoto.

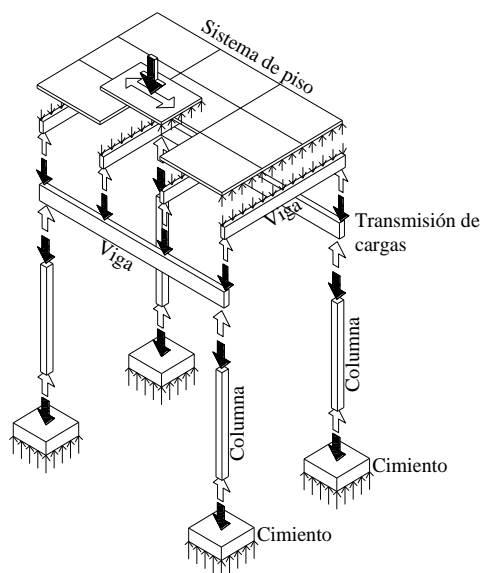
**EQUIPO ELÉCTRICO Y MECÁNICO**

C	NC	N/A	<b>EQUIPO PESADO:</b> El equipo vibratorio y ruidoso debe estar localizado muy lejos de los lugares de ocupación crítica, de manera que no se requiera el aislamiento de la vibración y que el equipo pueda estar anclado directamente a la estructura. También, evitar montar equipo mecánico pesado en la azotea, o pisos superiores, a menos que todo el montaje y soporte de aislamiento de la vibración esté diseñado cuidadosamente para ser sismo-resistente.
---	----	-----	--

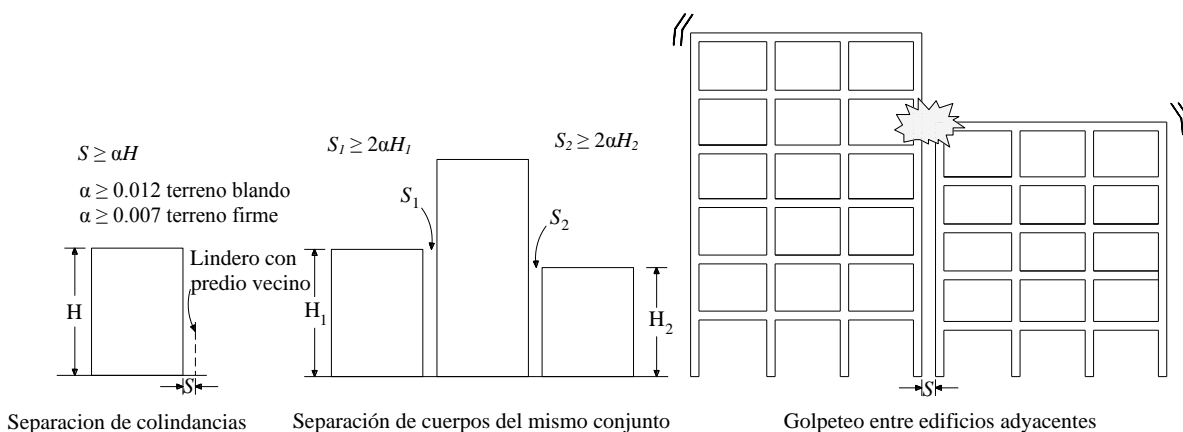


C	NC	N/A	<b>AISLADOR VIBRATORIO:</b> Los equipos mecánicos que pueden producir vibraciones objetables están aislados de la estructura de una manera adecuada, para que la transmisión de las vibraciones a elementos críticos de la estructura se elimine o se reduzca a límites aceptables. Todos los aisladores de vibración del equipo deben estar anclados al piso y al equipo. (Detalle B.36)
C	NC	N/A	<b>EQUIPO ELÉCTRICO:</b> Los equipos eléctricos, tales como bombas, tableros de control, deben estar anclados para evitar su caída durante el sismo y puedan caer contra contactos expuestos, provocando cortocircuitos.
<b>TUBERÍAS</b>			
C	NC	N/A	<b>TUBERIAS DE GAS Y AGUA:</b> Se colocaron las tuberías de instalaciones en los ductos destinados a tal fin en el proyecto, los pasos complementarios y las preparaciones necesarias para no romper los pisos, muros, plafones y elementos estructurales.
C	NC	N/A	<b>VÁLVULAS DE CERRAMIENTO:</b> Accesorios tales como válvulas de cierre, llaves de paso, etc. se encuentran instalados en cajas de registro para facilitar el cierre de fugas de agua, gas y energía a altas temperaturas en caso de que se presente un sismo.
C	NC	N/A	<b>ABRAZADERAS PARA TUBERÍAS:</b> No debe restringirse el uso de abrazaderas para el soporte de tuberías principales.
<b>DUCTOS</b>			
C	NC	N/A	<b>SOPORTE EN DUCTOS:</b> Para ductos rectangulares deben estar soportados con soportes relativamente flexibles, ya sean mediante platina, soportes de ángulo, tirantes, tornillos y otros dispositivos de sujeción. Cuando son suspendidos desde arriba, estos soportes serán instalados sobre los dos lados opuestos del ducto y serán atornillados, remachados o apernados a él y a intervalos no mayores a 2 metros. El amarre con la losa se hará con ancla roscada para los soportes tipo tira. (Detalle B.37)
C	NC	N/A	<b>ESCALERAS Y DUCTOS DE HUMO:</b> Los ductos para el control de escaleras presurizadas y ductos de humos están soportados fijadamente y sobre las juntas sísmicas cuentan con conexiones flexibles.
C	NC	N/A	<b>SOPORTE EN DUCTOS:</b> Los ductos no deben soportarse sobre tuberías u otros elementos no estructurales.
<b>MATERIALES PELIGROSOS DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION</b>			
C	NC	N/A	<b>TANQUES DE GAS:</b> Los tanques o cilindros de gas deben estar fijos de manera que se eviten caídas o desplazamientos accidentales. (Detalle B.38)
C	NC	N/A	<b>MATERIALES PELIGROSOS:</b> Las tuberías que contengan materiales peligrosos deberán tener válvulas de cierre u otros dispositivos para evitar derrames o fugas.
<b>ELEVADORES</b>			
C	NC	N/A	<b>SISTEMA DE SOPORTES:</b> Todos los elementos del sistema de elevadores se encuentran soportados rígidamente.
C	NC	N/A	<b>INTERRUPTORES SISMICOS:</b> Se disponen de interruptores sísmicos que proveen un paro inmediato del sistema de elevadores en caso de ocurrencia de sismo.
C	NC	N/A	<b>PAREDES DEL CUBO DE ELEVADORES:</b> Las paredes o muros que componen el cubo del elevador deben estar soportados rígidamente y reforzados para evitar su derrumbe durante un sismo intenso.
C	NC	N/A	<b>SUJETADOR DE SEGURIDAD:</b> Se presentan sujetadores de seguridad de cables en poleas o tambores de freno de máquinas para inhibir el desplazamiento y retener los cables.
C	NC	N/A	<b>PLACAS DE SEGURIDAD:</b> Se presentan placas de seguridad en la parte superior e inferior de la cabina y contrapeso.
C	NC	N/A	<b>SOPORTES O APOYOS:</b> Los soportes o apoyos que unen los rieles del contrapeso a la estructura del edificio están diseñados de acuerdo a las especificaciones del fabricante y están separados a una distancia de 2.4m (8 pies) o menor.

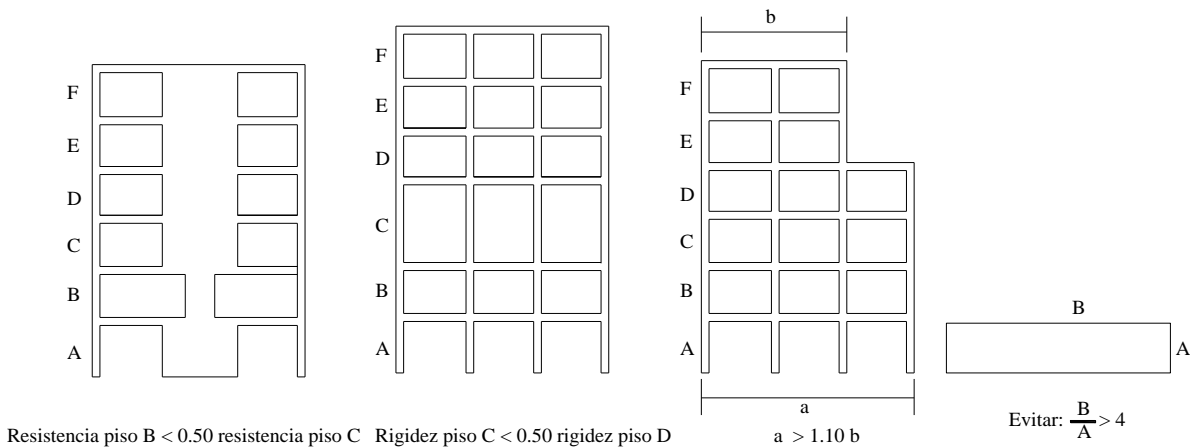
## ANEXO B



**Detalle B.1** Trayectoria de las cargas [Cassandra/Ching, 2008]



**Detalle B.2** Separación de edificios colindantes [Bazán/Meli, 2008]

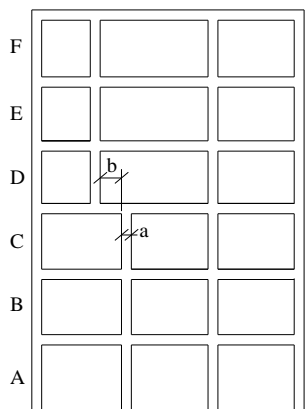


**Detalle B.3** Piso débil [FEMA 310]

**Detalle B.4** Piso blando [FEMA 310]

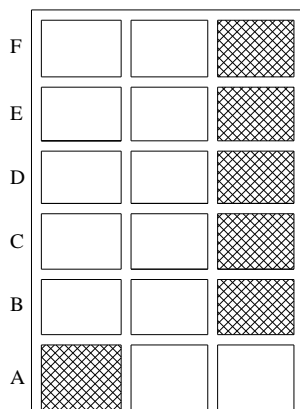
**Detalle B.5** Irregularidad vertical [FEMA 310]

**Detalle B.6** Esbeltez en planta [Bazán/Meli, 2008]



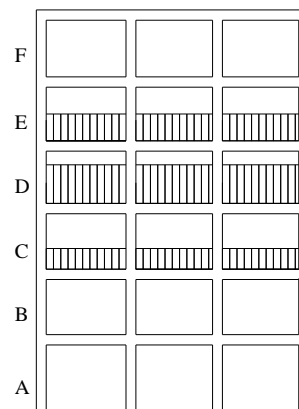
En el plano de los elementos verticales

**Detalle B.7** Discontinuidad, [FEMA 310]

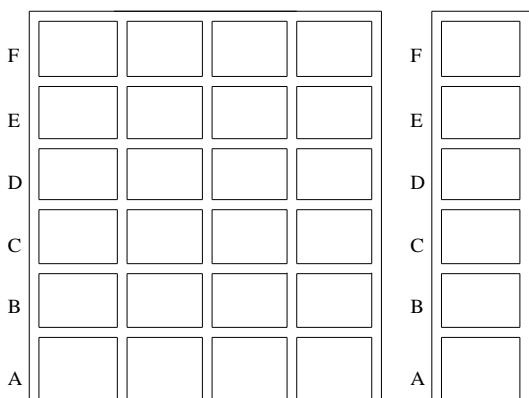


En muros

**Detalle B.8** Irregularidad de peso, [FEMA 310]



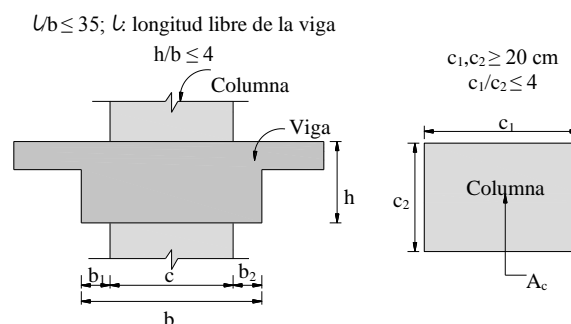
$m_D > 1.10 m_C$



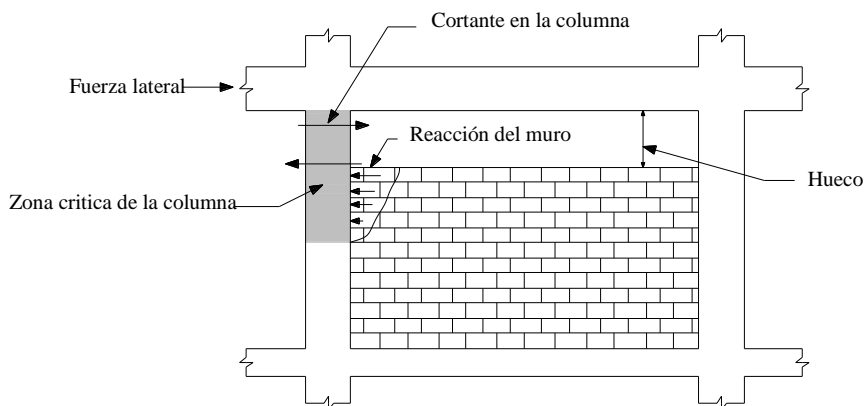
Sistema redundante

Sistema no redundante

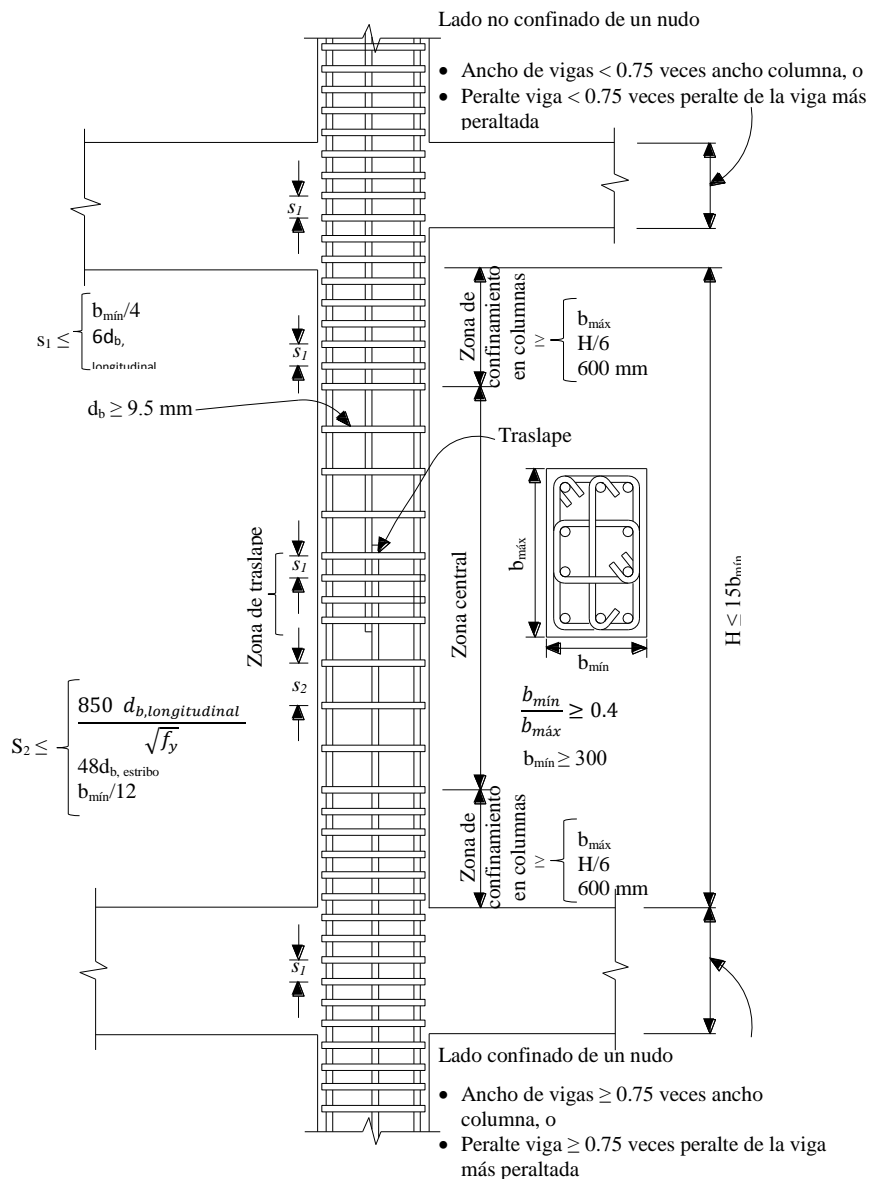
**Detalle B.9** Redundancia [FEMA 310]



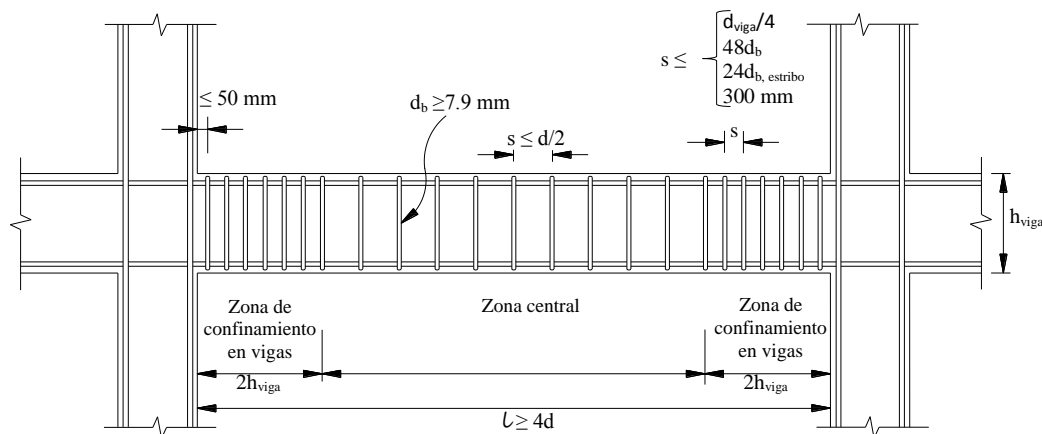
**Detalle B.10** Requisitos geométricos en vigas y columnas de concreto [Bazán/Meli, 2008]



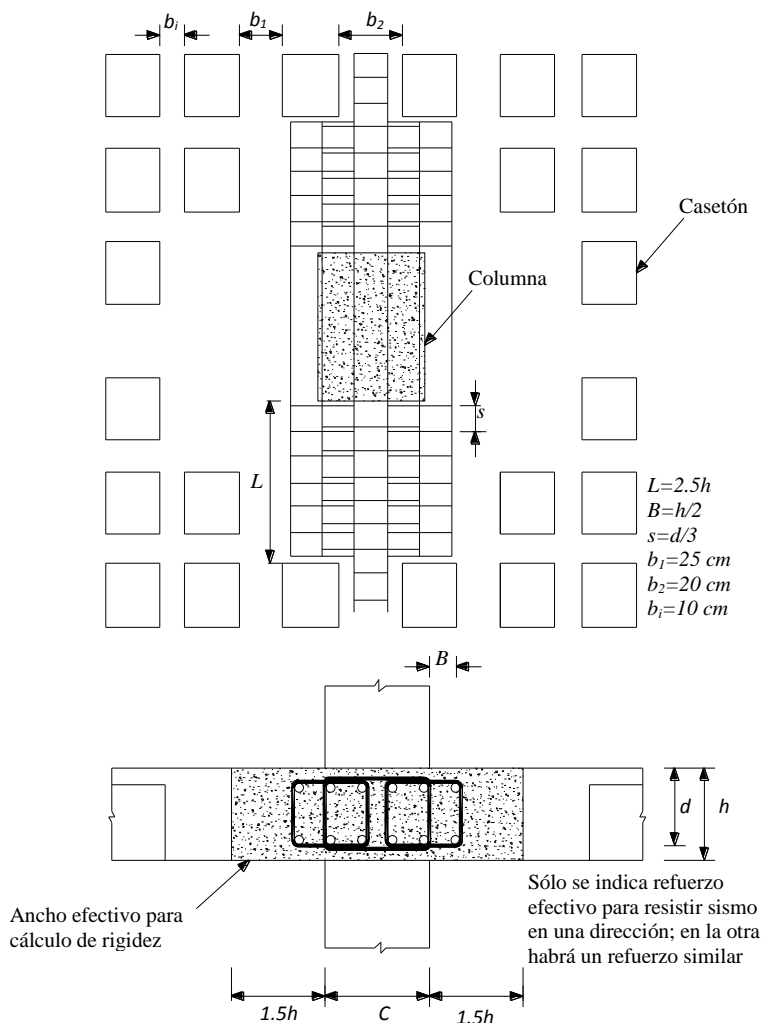
**Detalle B.11** Columnas cortas o cautivas [Bazán/Meli, 2008]



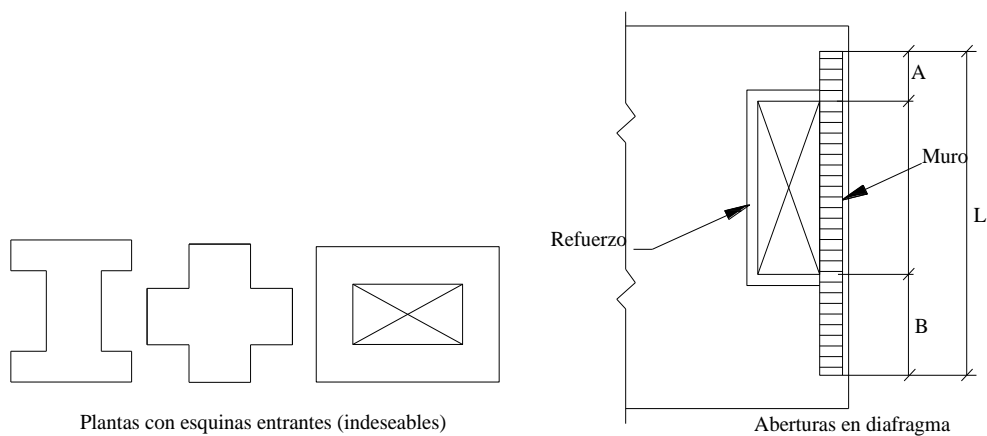
**Detalle B.12** Detallado de elementos a flexión [RCDF, 2004]



**Detalle B.13** Detallado de elementos a flexión [RCDF, 2004]

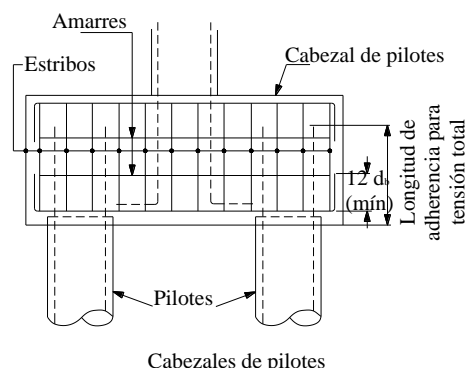


**Detalle B.14** Losas aligeradas [RCDF, 2004]



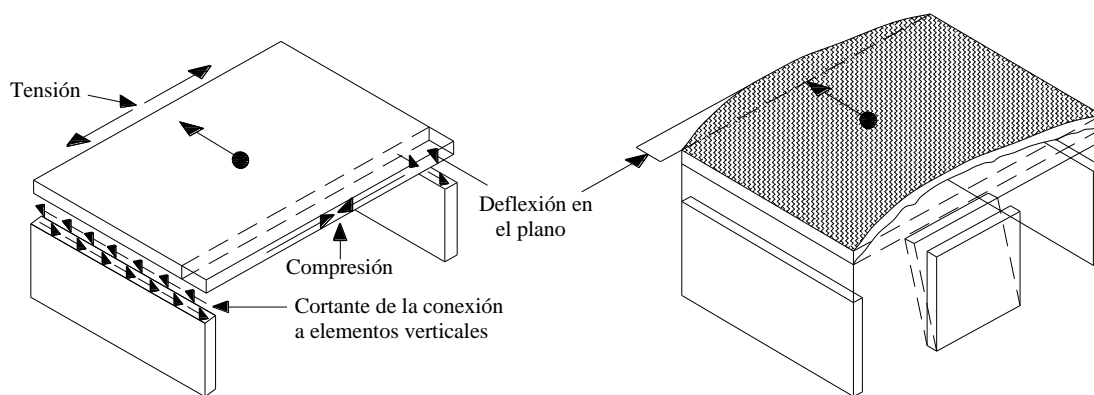
**Detalle B.15** Irregularidad en planta [FEMA 310]

**Detalle B.16** Aberturas en diafragma [FEMA 310]



Cabezales de pilotes

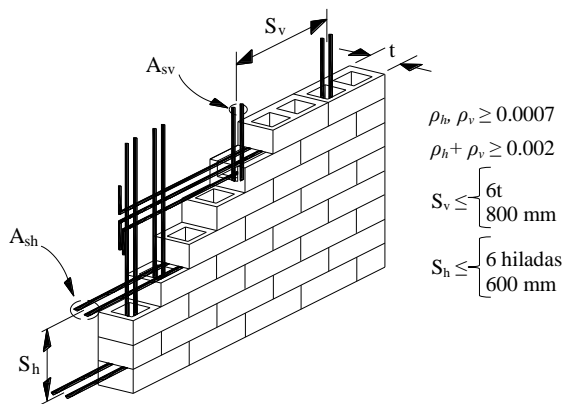
**Detalle B.17** Carga lateral en cabezal de pilotes [Dowrick, 1990]



Fuerzas desarrolladas en un diafragma rígido

Deflexión en el plano de un diafragma flexible

**Detalle B.18** Diafragma rígido [OPS, 2004]



$$\rho_h, \rho_v \geq 0.0007$$

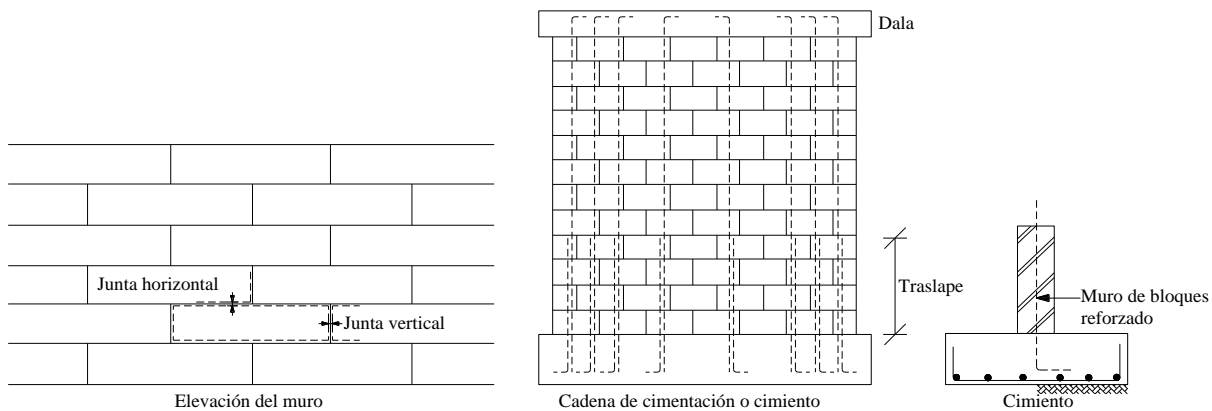
$$\rho_h + \rho_v \geq 0.002$$

$$S_v \leq \begin{cases} 6t \\ 800 \text{ mm} \end{cases}$$

$$S_h \leq \begin{cases} 6 \text{ hiladas} \\ 600 \text{ mm} \end{cases}$$

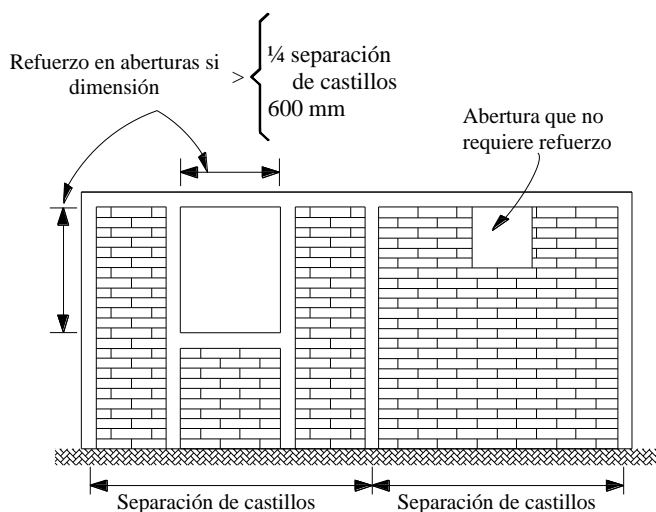
Mampostería con refuerzo interior

**Detalle B.19** Acero de refuerzo en muros reforzados [RCDF, 2004]

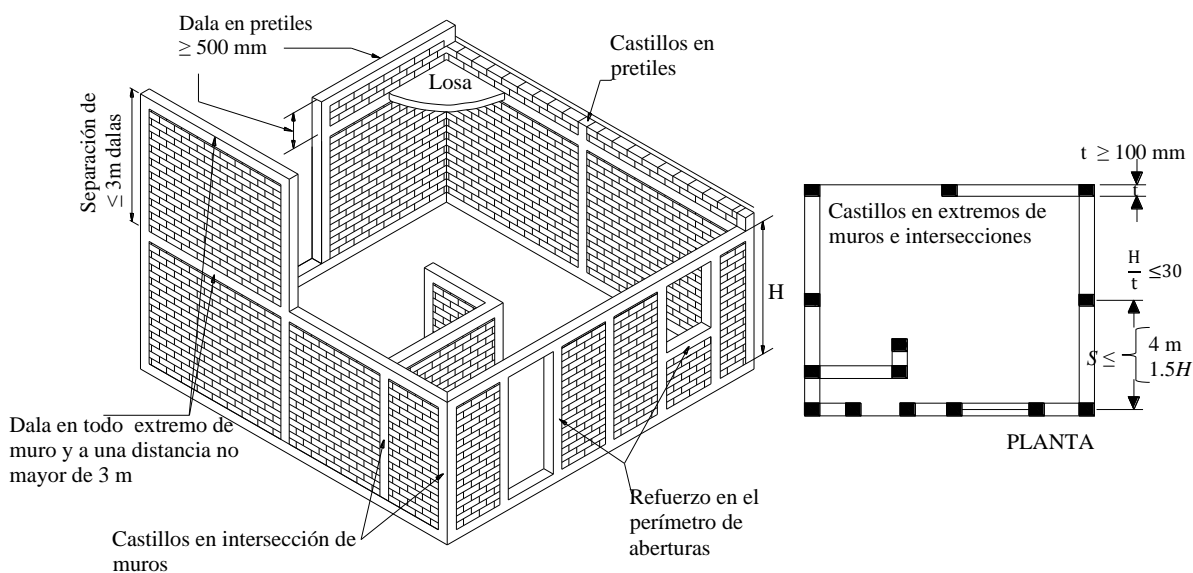


**Detalle B.20** Aparejo  
[Casabonne/Gallegos, 2005]

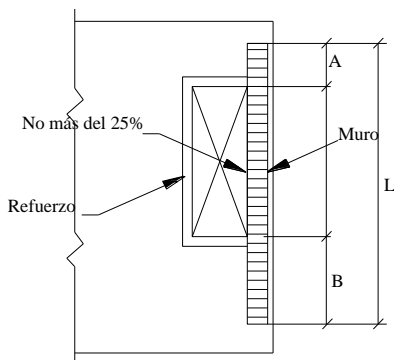
**Detalle B.21** Refuerzo en muros  
[Casabonne/Gallegos H, 2005]



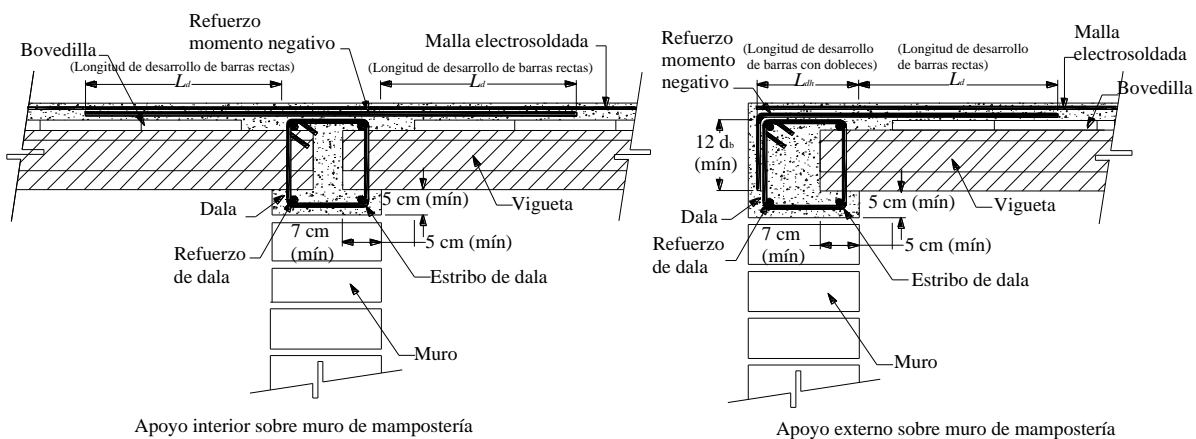
**Detalle B.22** Refuerzo en aberturas [RCDF, 2004]



**Detalle B.23** Requisitos para mampostería confinada [RCDF, 2004]

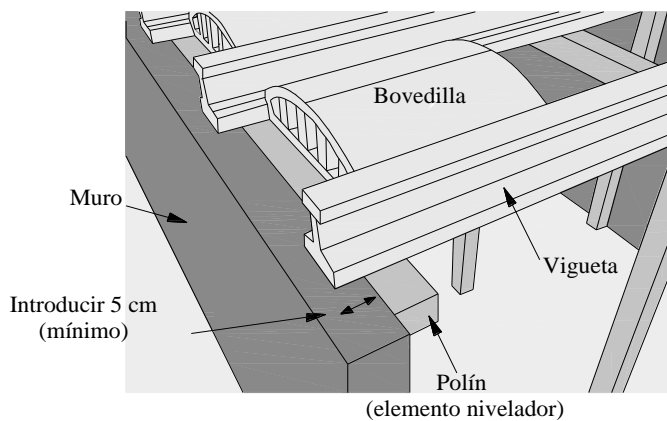


**Detalle B.24** Aberturas adyacentes en muros [FEMA310]



Apoyo interior sobre muro de mampostería

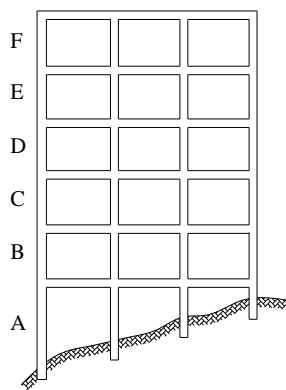
Apoyo externo sobre muro de mampostería



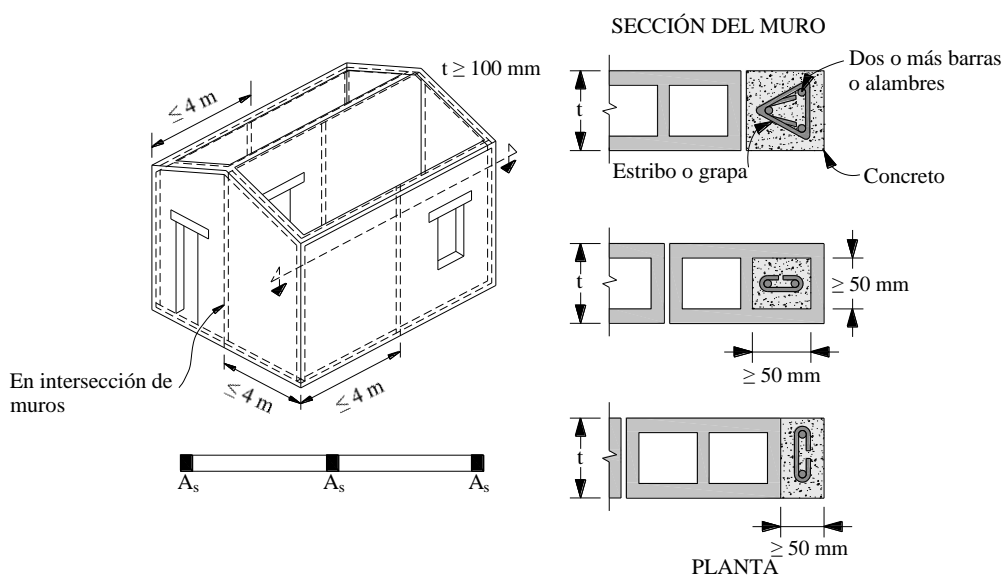
Colocación de viguetas

**Detalle B.25** Apoyos vigueta y bovedilla [Manual ANIVIP, 2008]

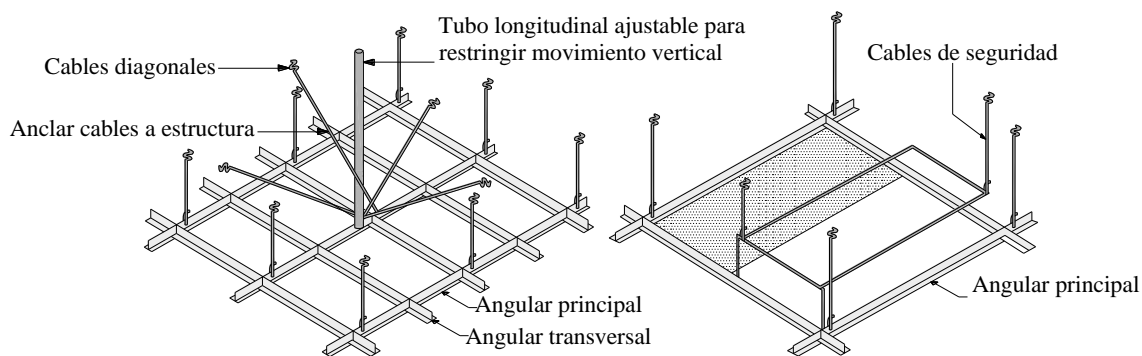




**Detalle B.26** Lugares con pendiente [FEMA 310]

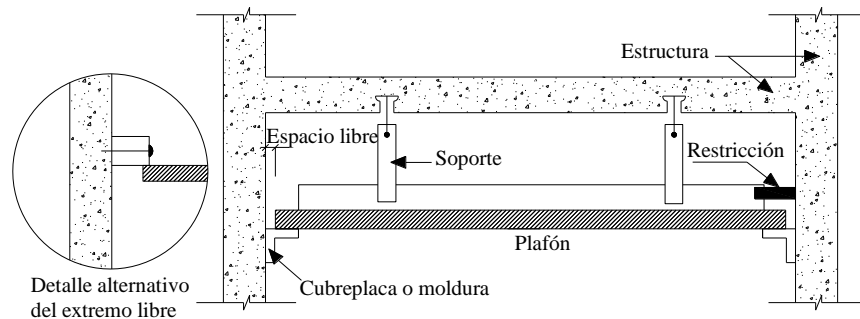


**Detalle B.27** Mampostería no reforzada ni confinada [RCDF, 2004]

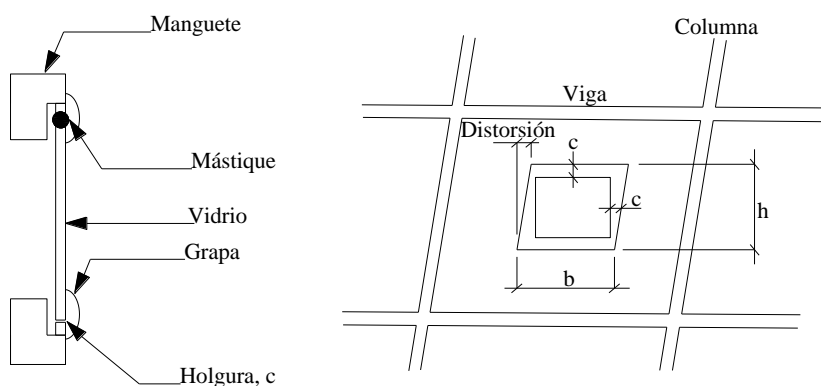


Arriostramiento de cielo raso

**Detalle B.28** Cielos rasos suspendidos [FEMA 454]



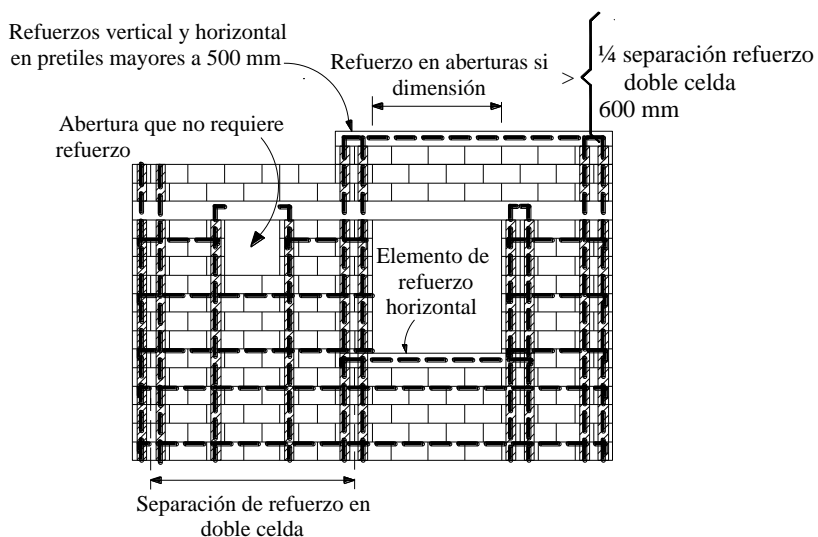
**Detalle B.29** Periferia de los plafones suspendidos para evitar el martilleo y movimiento excesivo [Bazán/Meli, 2008]



Holgura entre vidrio y manguete

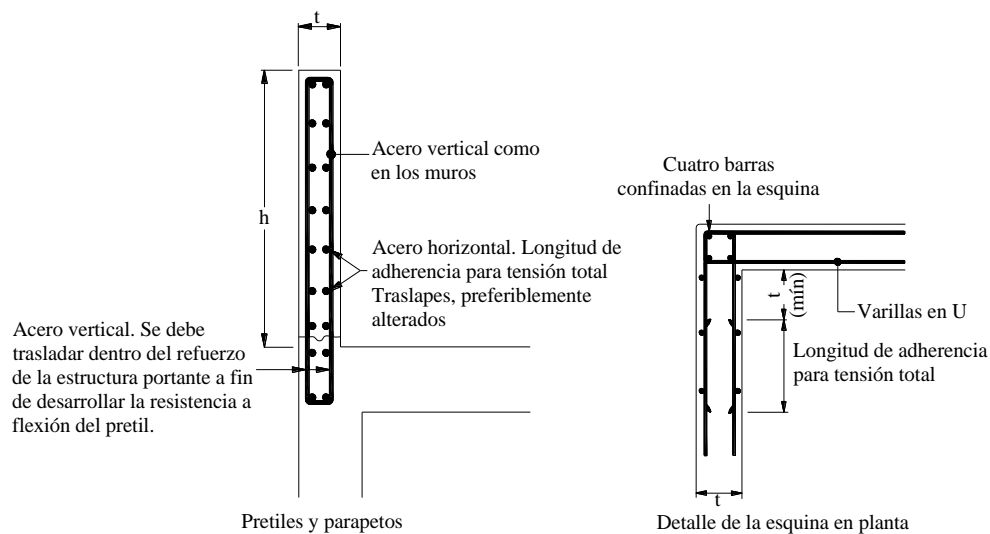
Marco exterior con los vidrios de las ventanas fijados con masilla suave

**Detalle B.30** Ventanas [Dowrick, 1990]

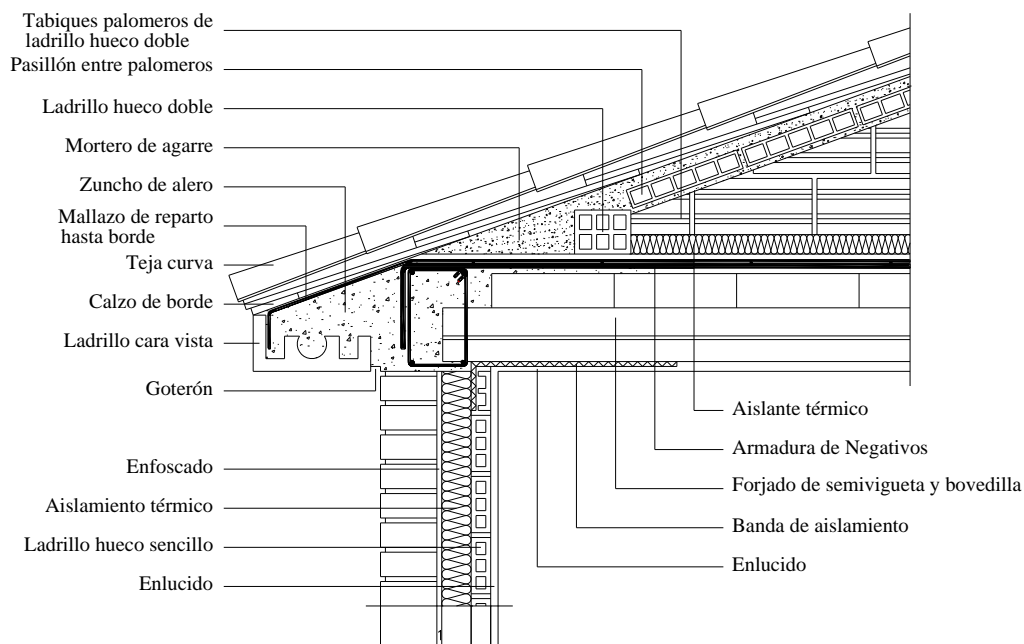


Refuerzo en aberturas y pretilas

**Detalle B.31** Parapetos de mampostería y pretilas [RCDF, 2004]

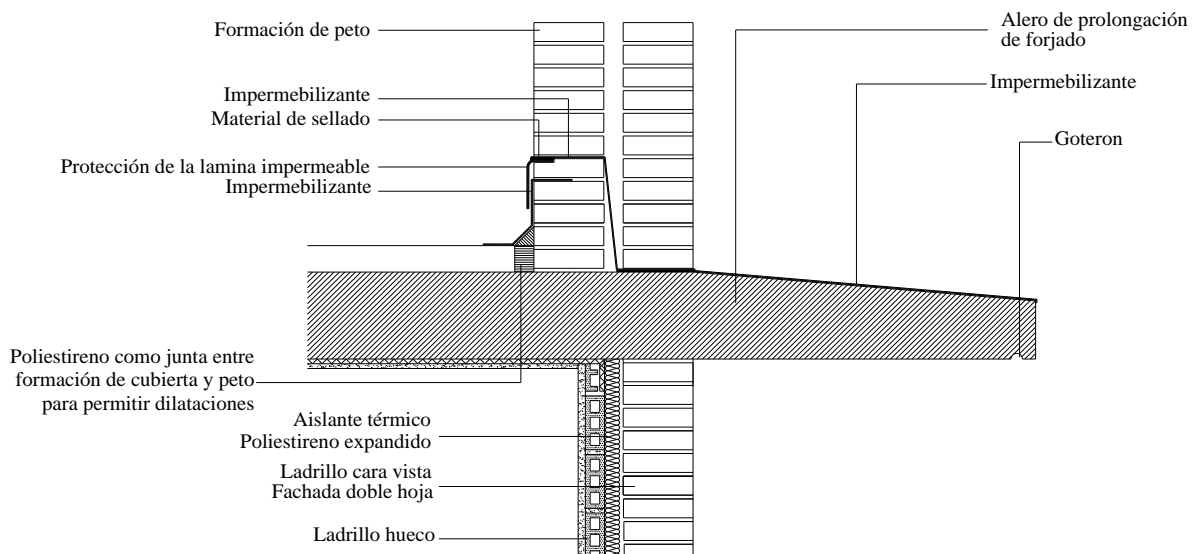


**Detalle B.31** Parapetos de mampostería y pretiles (continuación) [Dowrick, 1990]



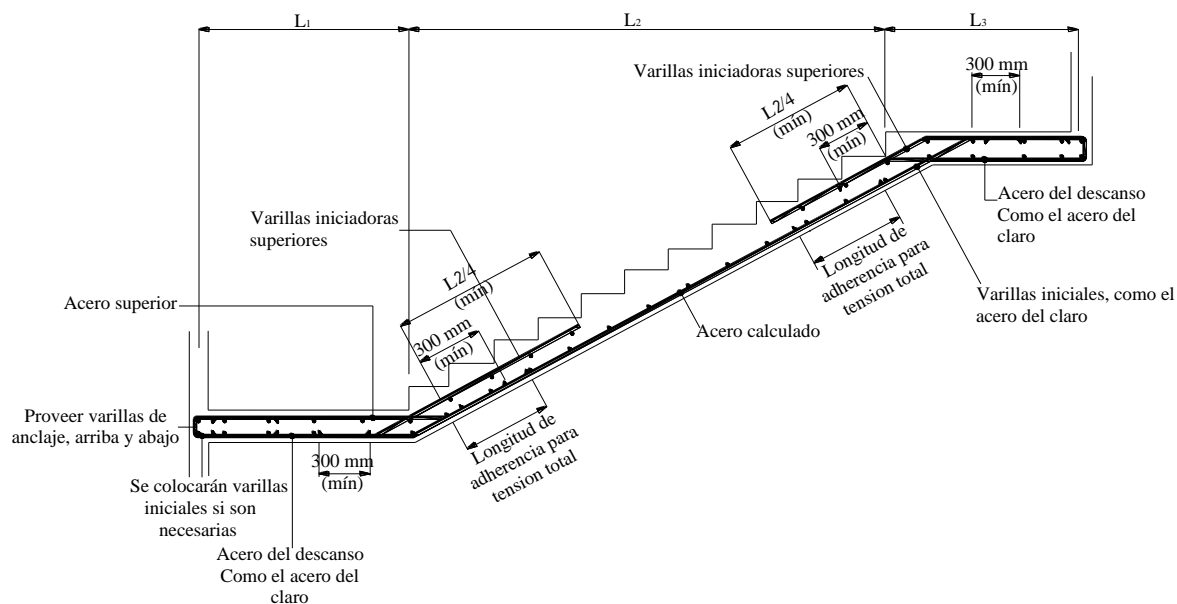
CUBIERTA INCLINADA CON ALERO

**Detalle B.32** Aleros



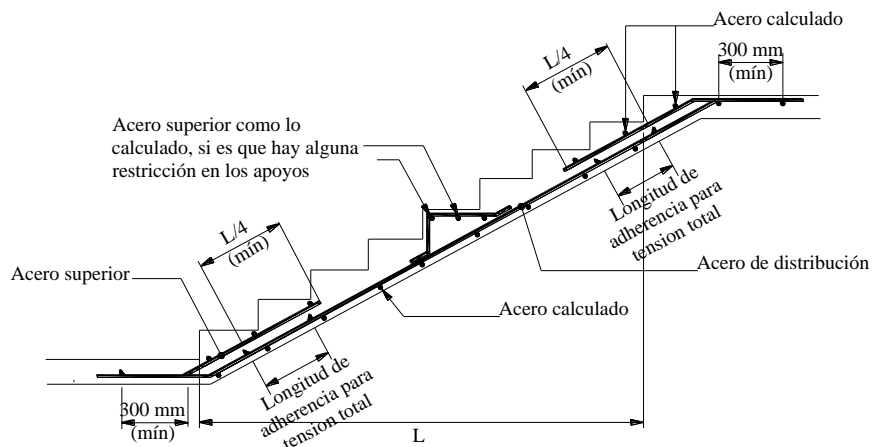
ALERO DE PROLONGACIÓN DE FORJADO

**Detalle B.32 Aleros (Continuación)**



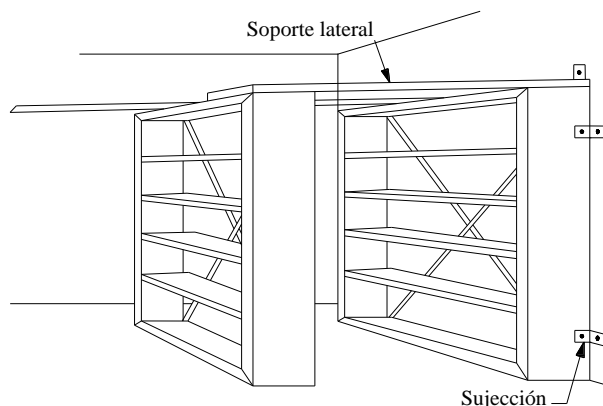
Escalera tendida longitudinalmente (simplemente apoyada)

**Detalle B.33 Escaleras [Dowrick, 1990]**

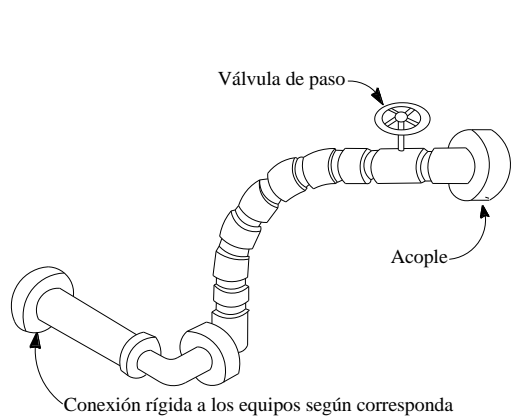


Escalera tendida paralelamente a los peldaños

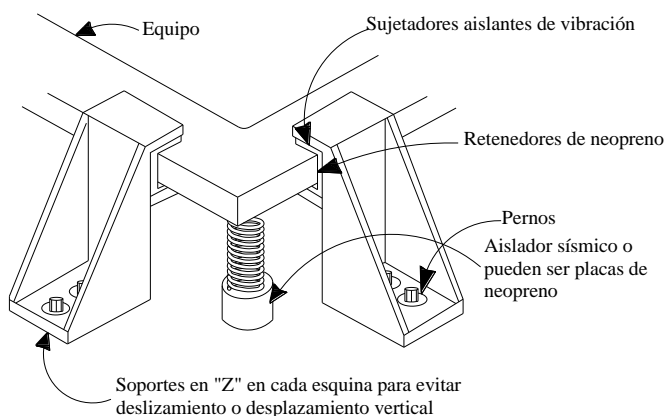
**Detalle B.33 Escaleras (Continuación) [Dowrick, 1990]**



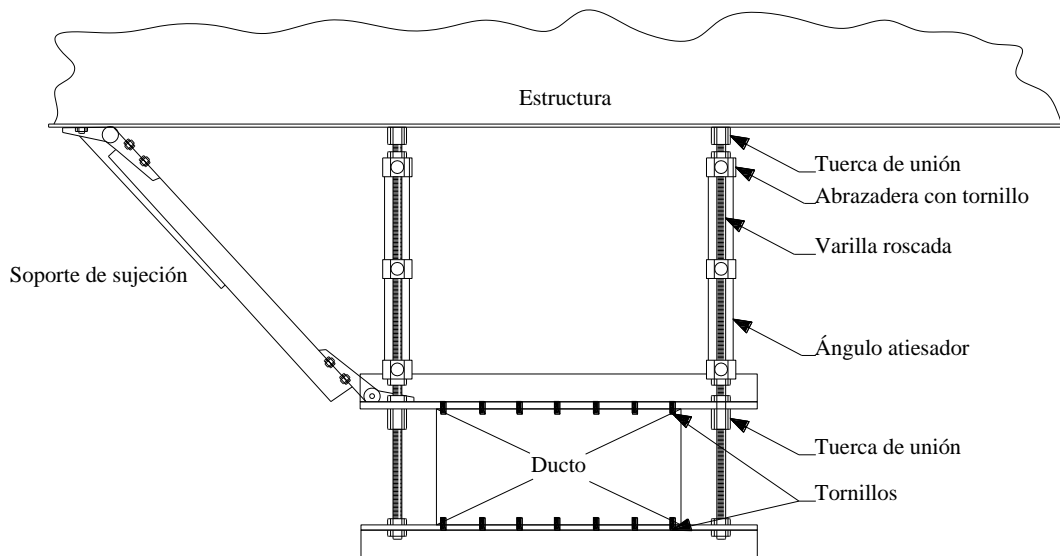
**Detalle B.34 Mobiliario [FEMA 454]**



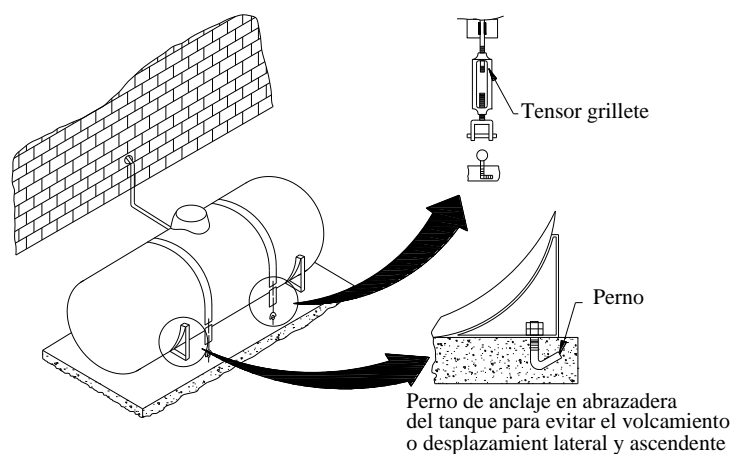
**Detalle B.35 Acople y conexión flexible [OPS, 2004]**



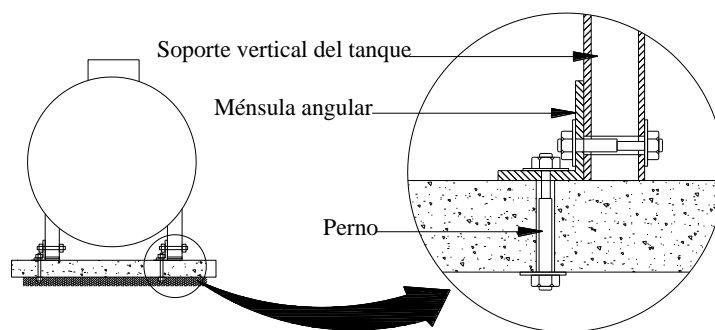
**Detalle B.36 Sujetador aislante de vibración [OPS, 2004]**



**Detalle B.37** Soporte en ductos [FEMA 454]



a) Con tirantes de amarre y perno de anclaje



b) con ménsula angular y pernos de anclaje

**Detalle B.38** Tanques de gas [FEMA 348]